

Entwicklung von Technologischen Konzepten zur Optimierung von  
Tagebaugeräten - Ein Beitrag zur Erhöhung der Arbeitssicherheit und  
des Gesundheitsschutzes in der Rohstoffgewinnung

D i s s e r t a t i o n

zur Erlangung des Grades eines Doktors  
der Ingenieurwissenschaften

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Matthias Könnecke

aus Bad Gandersheim

genehmigt von der Fakultät für Energie- und Wirtschaftswissenschaften

der Technischen Universität Clausthal,

Tag der mündlichen Prüfung

22. August 2007

## **Vorwort**

Die vorliegende Arbeit ist während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für Tagebau und Internationaler Bergbau der Technischen Universität Clausthal entstanden.

Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. H. Tudescki gilt für die Betreuung und Förderung meiner Arbeit mein ganz besonderer Dank. Durch seine fachlichen und praktischen Ratschläge hat er wesentlich zum Gelingen dieser Forschungsarbeit beigetragen.

Weiterhin danken möchte ich der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft, insbesondere Herrn Dipl.-Ing. Helmut Ehnes, der die Umsetzung dieses Forschungsprojektes überhaupt erst ermöglichte.

Herrn Dipl.-Ing. Wolfgang Horten von der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft danke ich für die fachliche Unterstützung. Seine Hinweise und kritischen Anmerkungen waren wichtige und wertvolle Hilfe bei der Auswertung der vorliegenden Unfalldaten.

Clausthal-Zellerfeld, im Juni 2007

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort .....</b>	<b>II</b>
<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>III</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>VI</b>
<b>1        Einleitung und Aufgabenstellung.....</b>	<b>8</b>
1.1        Arbeitsunfallgeschehen im Überblick .....	10
1.2        Statistik des Unfallgeschehens im Bergbau in Deutschland .....	16
<b>2        Recherche deutscher und internationaler Unfallverhütungs-vorschriften und Verordnungen für den Einsatz und die sicherheitstechnische Gestaltung von Erdbaumaschinen .....</b>	<b>20</b>
2.1        Vergleich der Europäischen Maschinenrichtlinie 98/37 mit dem Title 30 des Code of Federal Regulation (COFR) (USA) und den kanadischen Occupational Health and Safety Regulations(OHS) (SOR/86-304) .....	21
2.1.1       Bremsen.....	21
2.1.2       Reparatur von Reifen .....	22
2.1.3       Überrollschutz (R.O.P.S.; roll over protective structures) .....	22
2.1.4       Anschnallgurte bei SKW .....	23
2.1.5       Signaleinrichtungen.....	23
2.1.6       Parken und unbeaufsichtigtes Abstellen.....	24
2.1.7       Beleuchtung.....	24
2.1.8       Feuerlöscher .....	24
2.2        Zusammenfassung der Gegenüberstellung der Rechtsquellen .....	25
2.3        Untersuchung der Normen im Hinblick auf die Arbeitssicherheit bei Erdbaumaschinen.....	26
<b>3        Auswertung der Unfallzahlen aus Deutschland .....</b>	<b>27</b>
3.1        Vorgehensweise bei der Auswertung.....	27
3.2        Statistische Auswertung der Arbeitsunfälle mit Erdbaumaschinen .....	28
3.3        Aufschlüsselung der Unfälle nach Geräteart .....	29
3.4        Aufteilung der Unfälle in die beiden Hauptgruppen .....	31
3.4.1       Konstruktionsbedingte Unfälle .....	32
3.4.2       Unfälle in Abhängigkeit von der Betriebsart.....	35
3.4.3       Unfallursachen ohne direkten Einfluss der Konstruktion oder Betriebsart.....	37
3.4.4       Unfallursachen Aufstieg .....	39
<b>4        Auswertung der Unfallzahlen aus den USA .....</b>	<b>41</b>
4.1        Aufteilung der Unfälle mit mindestens einem Ausfalltag nach Geräteart.....	43

4.1.1	Auswertung der konstruktionsbedingten Unfälle.....	46
4.1.2	Auswertung der betriebsbedingten Unfälle .....	48
4.2	Auswertung der Unfälle ohne Ausfalltag .....	49
4.3	Auswertung der Unfallschwere und -Häufigkeit in Abhängigkeit von Lebensalter und Betriebserfahrung.....	53
<b>5</b>	<b>Lösungsvorschläge für die sicherheitstechnische Konstruktion.....</b>	<b>56</b>
5.1	Aufstiege .....	56
5.1.1	Unfallanalyse .....	56
5.1.2	Grundsätzliche Forderungen.....	56
5.1.3	Lösungsvorschläge für die Konstruktion des Aufstiegs .....	57
5.2	Kabine.....	60
5.2.1	Unfallanalyse .....	60
5.2.2	Grundsätzliche Forderungen.....	61
5.2.3	Lösungsvorschläge für die Konstruktion der Kabine .....	62
5.3	Türen, Fenster, Klappen.....	63
5.3.1	Gefährdungsanalyse .....	63
5.3.2	Lösungsvorschläge für die Konstruktion der Türen, Fenster und Klappen .....	64
5.4	Sicht.....	65
5.4.1	Gefährdungsanalyse .....	65
5.4.2	Lösungsvorschläge .....	67
5.5	Stellteile .....	68
5.5.1	Gefährdungsanalyse .....	68
5.5.2	Grundsätzliche Forderungen.....	69
5.5.3	Lösungsvorschläge .....	69
<b>6</b>	<b>Betrieb von Erdbaumaschinen .....</b>	<b>71</b>
6.1	Fahren.....	71
6.1.1	Gefährdungsanalyse .....	71
6.1.2	Lösungsvorschläge .....	72
6.2	Laden.....	73
6.2.1	Gefährdungsanalyse .....	73
6.2.2	Lösungsvorschläge .....	73
6.3	Aufenthalt im Gefahrenbereich .....	74
6.3.1	Gefährdungsanalyse .....	74
6.3.2	Lösungsvorschläge .....	74
6.4	Reinigung .....	75
6.4.1	Gefährdungsanalyse .....	75
6.4.2	Lösungsvorschläge .....	75
6.5	Instandhaltung.....	76

6.5.1	Gefährdungsanalyse .....	76
6.6	Tanken .....	77
6.6.1	Gefährdungsanalyse .....	77
6.6.2	Lösungsvorschläge .....	77
6.7	Transport .....	77
6.7.1	Gefährdungsanalyse .....	77
6.7.2	Lösungsvorschläge .....	78
6.8	Hebezeug .....	78
6.8.1	Gefährdungsanalyse .....	78
6.9	Standicherheit .....	79
6.9.1	Gefährdungsanalyse .....	79
6.9.2	Lösungsvorschläge .....	80
<b>7</b>	<b>Erstellung und Auswertung eines Fragebogens zur Sicherheit von Erdbaumaschinen .....</b>	<b>81</b>
7.1	Fragebogen Geschäftsleitung / Unternehmer .....	81
7.2	Fragebogen Mitarbeiter Werkstatt / Geräteführer.....	82
7.3	Auswertung des Fragebogens .....	83
7.4	Unfallanalyse .....	84
7.4.1	Unfallverteilung nach Geräteart.....	84
7.4.2	Ausfallzeiten der Mitarbeiter durch Unfälle mit Mobilgeräten .....	85
7.4.3	Aufteilung der Unfälle.....	85
7.4.4	Auswertung der Verbesserungsvorschläge.....	90
7.4.5	Förderpreise der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft .....	93
7.5	Fazit der Fragebogenauswertung .....	94
<b>8</b>	<b>Analyse der Bandanlagen- und Brecherunfälle im Tagebau und in der Aufbereitung .....</b>	<b>96</b>
8.1.1	Analyse des Unfallgeschehens beim Umgang mit Bandanlagen im Tagebau und der Aufbereitung (USA).....	96
8.1.2	Analyse des Unfallgeschehens beim Umgang mit Bandanlagen (Deutschland) .....	99
8.1.3	Lösungsvorschläge zur Verbesserung der Arbeitssicherheit beim Umgang mit Bandanlagen.....	100
8.1.4	Analyse des Unfallgeschehens beim Umgang mit Brechern im Tagebau und der Aufbereitung (USA).....	102
8.1.5	Analyse des Unfallgeschehens beim Umgang mit Brechern in Deutschland .....	104
8.1.6	Lösungsvorschläge zur Verbesserung der Arbeitssicherheit beim Umgang mit Brechern .....	106
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>108</b>
	<b>Quellenverzeichnis.....</b>	<b>114</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1	Arbeitsunfallgeschehen von 1960 bis 2002 [16].	11
Abbildung 1-2:	Arbeitsunfälle nach Wirtschaftszweigen 2002 [16].	13
Abbildung 1-3:	Anerkannte Berufskrankheiten nach Wirtschaftszweigen [17]	14
Abbildung 1-4:	Anerkannte Berufskrankheiten nach Krankheitsgruppen [17]	15
Abbildung 1-5:	Entwicklung der Berufskrankheiten 1978 bis 2002 [17].	16
Abbildung 1-6:	Entwicklung der Arbeitsunfälle im Bergbau 1978 bis 2002 [18].	17
Abbildung 3-1:	Schema der Vorgehensweise [7]	28
Abbildung 3-2:	Unfälle mit Erdbaumaschinen in Abhängigkeit von der Anzahl der Versicherten [1]	29
Abbildung 3-3:	Unfallzahlen aufgeteilt nach Geräteart	30
Abbildung 3-4:	Unfallverteilung nach Geräteart für den Zeitraum 2001 bis 2003	31
Abbildung 3-5:	Aufteilung der Unfälle gesamt	32
Abbildung 3-6:	Prozentuale Anteile der einzelnen Gerätetypen an den Unfällen „Konstruktion“	33
Abbildung 3-7:	Unfallzahlen in Abhängigkeit von den Unfall verursachenden Bauteilen	34
Abbildung 3-8:	Prozentuale Verteilung der Unfälle für das Merkmal „Betrieb“	36
Abbildung 3-9:	Absolute Verteilung der häufigsten Ursachen aller Unfälle	38
Abbildung 3-10:	Prozentuale Verteilung der häufigsten Ursachen aller Unfälle	39
Abbildung 3-11:	Unfallursachen bei der Benutzung des Aufstiegs	40
Abbildung 4-1:	Entwicklung des Unfallgeschehens im US-amerikanischen Bergbau [2]	42
Abbildung 4-2:	Entwicklung des Unfallgeschehens bei der Benutzung von Erdbaumaschinen in den USA, Bereich Tagebau und Aufbereitung	43
Abbildung 4-3:	Unfallzahlen aufgeteilt nach Geräteart	44
Abbildung 4-4:	Unfallverteilung nach Geräteart für den Zeitraum 2001 bis 2003, USA	45
Abbildung 4-5:	Gegenüberstellung der prozentualen Geräteanteile für das Merkmal „Konstruktion“ (links) und „Betrieb“ (rechts)	46
Abbildung 4-6:	Unfallzahlen in Abhängigkeit von den Unfall verursachenden Bauteilen	46
Abbildung 4-7:	Prozentuale Verteilung der Unfälle für das Merkmal „Betrieb“	48
Abbildung 4-8:	Prozentuale Anteile für das Merkmal „Konstruktion“ bei Unfällen ohne Ausfalltag	50
Abbildung 4-9:	Prozentuale Anteile für das Merkmal „Betrieb“ bei Unfällen ohne Ausfalltag	51
Abbildung 4-10:	Ausfalltage durch „Fahren“ in Abhängigkeit von der Betriebserfahrung	52
Abbildung 4-11:	Darstellung der Unfallhäufigkeit und -schwere in Abhängigkeit vom Lebensalter	53
Abbildung 4-12:	Darstellung der Unfallhäufigkeit und -schwere in Abhängigkeit von der Betriebserfahrung	54

Abbildung 5-1: Aufstieg Radlader mit versetzten, griffigen Stufen und Geländer .....	59
Abbildung 5-2: Besonders sicherer Aufstieg mit klappbarer Leiter (Hedweld, Australien) [10] ...	60
Abbildung 5-3: Unfälle durch nicht ausreichende Sicht, dargestellt als Gerätegruppenanteil .....	66
Abbildung 5-4: Sicherheitshebel am Hydraulikbagger .....	70
Abbildung 7-1: Unfallverteilung nach Geräteart .....	84
Abbildung 7-2: Ausfallzeiten von Mitarbeitern in Abhängigkeit von der Geräteart.....	85
Abbildung 7-3: Verteilung der konstruktionsbedingten Unfälle.....	87
Abbildung 7-4: Verteilung der Ausfallzeiten der Mitarbeiter durch konstruktionsbedingte Unfälle .....	88
Abbildung 7-5: Verteilung der betriebsbedingten Unfälle .....	89
Abbildung 7-6: Verteilung der Ausfallzeiten der Mitarbeiter durch betriebsbedingte Unfälle.....	90
Abbildung 7-7: Anteil der Verbesserungsvorschläge an den Fragebögen .....	91
Abbildung 7-8: Anteil der Verbesserungsvorschläge nach Geräteart.....	92
Abbildung 7-9: Auswertung Mitarbeiter besonders unzufrieden mit Konstruktionsmerkmal .....	93
Abbildung 7-10: Auswertung Bekanntheitsgrad und Umsetzung der StBG-Förderpreise .....	94
Abbildung 8-1: Darstellung von Unfallhäufigkeit und Ausfalltagen bei Unfällen an Bandanlagen im Tagebau (USA) .....	98
Abbildung 8-2: Darstellung von Unfallhäufigkeit und Ausfalltagen bei Unfällen an Bandanlagen im Bereich der Aufbereitung (USA).....	98
Abbildung 8-3: Darstellung des Unfallgeschehens beim Umgang mit Bandanlagen in Deutschland.....	100
Abbildung 8-4: Hauptschalter mit Schloss (links), Anlaufwarneinrichtung (Mitte), Reißleinenschalter/Not-Aus (rechts) [8].....	101
Abbildung 8-5: Darstellung von Unfallhäufigkeit und Ausfalltagen bei Unfällen an Brechern im Tagebau (USA) .....	103
Abbildung 8-6: Darstellung von Unfallhäufigkeit und Ausfalltagen bei Unfällen an Brechern in der Aufbereitung (USA) .....	104
Abbildung 8-7: Darstellung des Unfallgeschehens beim Umgang mit Brechern in Deutschland.....	105
Abbildung 8-8: Mobilbrecher mit Hydraulikhämmern (rot) zur Knäpperzerkleinerung und Verstopferbeseitigung [9] .....	107
Abbildung 9-1: Neuer SKW von Caterpillar mit optimierten Aufstiegen und verbesserter Kabinensicht [4].....	111
Abbildung 9-2: Absturzsicherungen zur Reinigung der Kabinenverglasung am Radlader [4]....	112
Abbildung 9-3: Ein hydraulisch ausfahrbarer Aufstieg sorgt für 15° Neigung [4] .....	113
Abbildung 9-4: Optimierter Aufstieg für Kettendozer [3].....	113

# 1 Einleitung und Aufgabenstellung

Für Unternehmer bedeuten Arbeitsunfälle und Krankheiten der Mitarbeiter immer Störungen im Betriebsablauf. Die optimale Gestaltung von Produktions- bzw. Arbeitsabläufen ist für ein Unternehmen unabdingbar, wenn es in ökonomischer Hinsicht kostengünstig und termingerecht arbeiten möchte. Der Ausfall von Beschäftigten durch betriebliche Unfälle oder berufsbedingte Krankheiten wirkt sich dabei ebenso negativ aus, wie der Stillstand von Maschinen, Anlagen oder Geräten. Im bundesdeutschen Durchschnitt entstehen den Arbeitgebern durch Ausfalltage von Beschäftigten Kosten in Höhe von rund 500 € pro Tag und Mitarbeiter. Dieser Wert enthält noch keine Aufwendungen für die Wiederherstellung der Gesundheit oder finanzielle Ansprüche aus Schadensersatzforderungen seitens der Arbeitnehmer, die unter Umständen auch auf einen Unternehmer zukommen können. Je mehr Unfälle im Betrieb passieren, desto höher fallen des Weiteren auch die Beiträge an die Berufsgenossenschaften aus.

Die Schätzung der gewerblichen Produktionsausfälle durch Arbeitsunfähigkeit gibt aus volkswirtschaftlicher Sicht ein Präventionspotential sowie ein mögliches Nutzenpotential an. Von den Berufsgenossenschaften wurden im Arbeitsjahr 2002 insgesamt 491,05 Mio. Arbeitsunfähigkeitstage registriert, dies entspricht einer durchschnittlichen Arbeitsausfallzeit von rund 14,2 Tagen je Arbeitnehmer.

Mit diesen Vorgaben errechnete die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin im Berichtsjahr 2002 die volkswirtschaftlichen Produktionsausfälle auf insgesamt ca. 44,15 Mrd. €. Dies entspricht einem Ausfall an Bruttowertschöpfung, bedingt durch den Verlust an Arbeitsproduktivität, von rund 69,53 Mrd. €.

Die o. g. Zahlen belegen deutlich, welchen Stellenwert der betriebliche Arbeitsschutz aus wirtschaftlicher Sicht hat. Ziel sollte es deshalb bleiben, auch in Zukunft Bestrebungen zur Verbesserung der Arbeitssicherheit vorzunehmen, obgleich die Arbeitsbedingungen aus sicherheitstechnischer Sicht in Deutschland bereits ein hohes Niveau erreicht haben (im Vergleich zu anderen europäischen Ländern sowie weltweit) ([14],[15]). Verbesserungen lassen sich insbesondere noch beim Betrieb von Mobilgeräten wie Radlader, Muldenkipper und Dumper erzielen. Der Einsatz dieser Maschinen stellt bei der Produktion in den Betrieben der Baustoffindustrie nach wie vor eine Gefahrenquelle dar. Die Gefahren, die durch den Einsatz mobiler Geräte auftreten, können direkter oder indirekter Art sein. Direkte Gefahren stellen alle Arten von Unfällen dar. Betroffen können sowohl die Betriebsmittelführer selbst, beispielsweise durch Unfälle oder Absturz von ihren Geräten, als auch unbeteiligte Dritte sein, die von Fahrzeugen angefahren oder überfahren werden. Zudem gehen auch von Reparatur-



und Instandsetzungsarbeiten an Fahrzeugen immer wieder Gefahren für das Personal aus. Gefahren indirekter Art stellen Erkrankungen dar, die aufgrund dauerhafter und ergonomisch problematischer Belastungen hervorgerufen werden.

Gefahren für das Personal gehen aber auch von semimobilen und stationären Anlagen in den Betrieben aus. Dazu gehören insbesondere die Brecher und Bandanlagen. Beim Umgang mit diesen Geräten kommt es immer wieder zu schweren und zum Teil sogar tödlichen Unfällen.

Bei der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft (StBG) wurden im Jahr 2002 8.078 anzeigepflichtige Unfälle gemeldet. Dies entspricht 54,39 Unfällen pro 1.000 Beschäftigte. Im gleichen Jahr ereigneten sich 21 tödliche Unfälle. Bei diesen Zahlen ist zunächst zwar noch keine Differenzierung im Hinblick auf die Unfallart vorgenommen worden, allerdings ist bekannt, dass ein beachtlicher Teil dieser Unfälle im Zusammenhang mit dem Gebrauch und der Nutzung von Mobilgeräten, aber auch der Brecher und Bandanlagen steht. Obgleich sowohl die Zahl der Arbeitsunfälle insgesamt als auch die der tödlichen Unfälle in den letzten Jahren gesenkt werden konnte, sind die Zahlen weiterhin zu hoch. Unfälle gefährden nicht nur das Leben von Personen, sie verhindern auch die Ausführung von Aufträgen, belasten das Unternehmen und ziehen Kosten nach sich. Außer Arbeitsunfällen sind auch Schadensfälle zu berücksichtigen, die zwar keine Personenschäden, aber erhebliche Sachschäden an Betriebsinventar hervorrufen können.

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf die Analyse und Bewertung von Unfällen mit mobilen und stationären Maschinen für die Gewinnung und Aufbereitung im Tagebau mit der Zielsetzung technische sowie organisatorische Maßnahmen und Optimierungsansätze zur Reduzierung von Unfällen zu erarbeiten. Als Grundlage dienen die Unfalldaten der deutschen Steinbruchs-Berufsgenossenschaft und der amerikanischen MHSA (Mine Health and Safety Administration) aus den Jahren 2001 bis 2003. Die auftretenden Unfallschwerpunkte werden aufgezeigt und analysiert. Darüber hinaus sollen ergonomische Schwächen der Geräte aufgedeckt werden, die eine Gefahrenquelle darstellen oder zu dauerhaften Schädigungen der Fahrzeugführer führen können. Als Basis dafür dient ein Vergleich deutscher und internationaler Richtlinien, Normen und Unfallverhütungsvorschriften.

Die Verifizierung der Ergebnisse erfolgt durch eine Befragung der Geräteführer und der Geschäftsleitung in den Steine- und Erdenbetrieben in Deutschland. Zu diesem Zweck erfolgt die Entwicklung eines Fragebogens, der an die 2.800 Mitgliedsunternehmen der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft versendet wird.

Mit Hilfe der Ergebnisse aus diesen Analysen können Vorschläge für eine konstruktive Verbesserung der untersuchten Mobilgeräte ausgearbeitet werden. Hierbei ist die möglichst vollständige Beseitigung aller Gefahren für den Betriebsmittelführer und Dritte das Ziel. In einem weiteren Schritt könnte dieses neue Konzept unter Einbeziehung der Fachrichtung „Industriedesign“ umgesetzt werden, so dass Fahrzeuge gestaltet werden, die sowohl auf ihren Einsatzzweck als auch im Hinblick auf die Arbeitssicherheit und den Gesundheitsschutz optimal abgestimmt sind.

Im zweiten Teil dieser Arbeit erfolgt die Untersuchung von Bandanlagen und Brechern im Tagebau und der Aufbereitung im Hinblick auf die Unfallgefahr. Dazu werden Unfalldaten aus Deutschland und den USA einer Auswertung und Analyse unterzogen. Mit den daraus gewonnenen Erkenntnissen soll die Unfallgefahr beim Umgang mit diesen Maschinen verringert werden.

Abschließend erfolgen die Zusammenfassung der Ergebnisse und ein Ausblick in die Zukunft der Arbeitssicherheit.

## **1.1 Arbeitsunfallgeschehen im Überblick**

Die Zahl der Arbeitsunfälle (mit und ohne Todesfolge) ist in Deutschland, aber auch in den Industrienationen weltweit, in allen Wirtschaftszweigen seit Jahren rückläufig. Grund dafür ist das komplexe Zusammenwirken technischer, organisatorischer und personenbezogener Faktoren, die im Laufe der Zeit zu einem hohen Stand der Arbeitssicherheit geführt haben. Im Zuge der Rationalisierung und Mechanisierung von Produktionsprozessen können heute viele Arbeitsvorgänge von Maschinen verrichtet werden, der Arbeitskraft „Mensch“ kommen dadurch dann nur noch Koordinierungs- und Überwachungsaufgaben zu, die weniger unfallträchtig sind.

Unternehmen sind dazu verpflichtet, betriebliche Unfallgeschehen bei der Arbeit mit einer Fehlzeit des Arbeitnehmers von mehr als drei Tagen bei den Unfallversicherungsträgern anzuzeigen. In den USA sind alle diejenigen Unfälle meldepflichtig, bei denen eine medizinische Behandlung des Arbeitnehmers erforderlich ist, oder aber eine Ausübung seiner Tätigkeit infolge des Unfalls nicht mehr in vollem Maße möglich ist. In anderen Ländern wird ähnlich verfahren.

In der Abbildung 1-1 ist die Entwicklung der meldepflichtigen Arbeitsunfälle in Deutschland im Zeitraum von 1960 bis 2002 graphisch dargestellt.

### Meldepflichtige Arbeitsunfälle – absolut und je 1.000 Vollarbeiter - von 1960 bis 2002 -

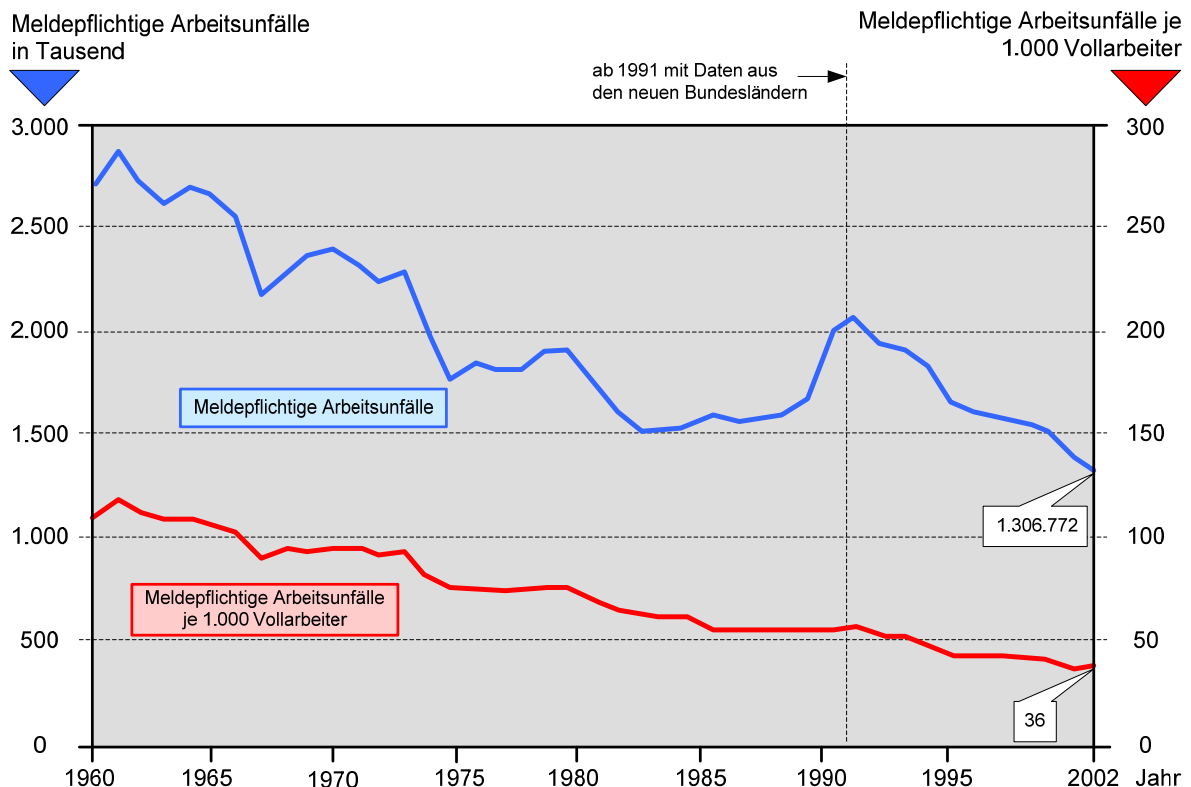


Abbildung 1-1 Arbeitsunfallgeschehen von 1960 bis 2002 [16].

Bei der Analyse werden die absoluten Unfallzahlen zu geeigneten Bezugsgrößen ins Verhältnis gesetzt und sog. Unfallquoten errechnet. Die registrierten Arbeitsunfälle können zur Zahl der gesamt geleisteten Arbeitsstunden in Bezug gebracht werden, da diese die Zeit unter Risikoexposition eines Arbeitsunfalls repräsentiert. Ferner besteht die Möglichkeit, die Häufigkeit der Arbeitsunfälle je 1.000 Vollarbeiter auf die durchschnittliche Zahl der tatsächlich geleisteten Arbeitsstunden zu beziehen (vgl. Abbildung 1-1). Die Zahl der „Vollarbeiter“ ist eine statistische Rechengröße und dient der Berechnung der Unfallhäufigkeit (1 Vollarbeiter = 1.560 Arbeitsstunden pro Jahr). Der internationale Vergleich gestaltet sich aufgrund unterschiedlicher Definition eines Unfalls mit Arbeitszeitausfall jedoch schwierig. So wird in Großbritannien ein Unfall mit Arbeitszeitausfall als Unfall gezählt, wenn der Mitarbeiter für drei volle Arbeitstage ausfällt. In Australien, Kanada und den USA genügt ein Tag Ausfall, in Südafrika hingegen 14 Tage. Hinzu kommt, dass große Bergbaubetriebe davon abweichende Regelungen nutzen. Dies ist besonders dann der Fall, wenn konzernübergreifend eine Vergleichbarkeit gegeben werden soll. Daher hat sich bei diesen Firmen der Ausfall eines Mitarbeiters von nur einem Tag als Maß für die Bestimmung der absoluten Unfallhäufigkeit

etabliert. Die Berechnung der Häufigkeit der Arbeitsunfälle (Unfallrate, lost time injury frequency rate LTIFR) erfolgt in Kanada und den USA anhand der Anzahl der Arbeitsunfälle pro 200.000 Arbeitsstunden. In den übrigen Ländern erfolgt die Berechnung der Unfallrate pro 1 Mio. Arbeitsstunden. Die Häufigkeit der tödlichen Unfälle wird ebenfalls pro 1 Mio. Arbeitsstunden angegeben.

Im Berichtsjahr 2002 erfassten die Unfallversicherungsträger in Deutschland in absoluten Zahlen 1.306.772 meldepflichtige Arbeitsunfälle, dies entspricht einer Unfallzahl von durchschnittlich 35,57 je 1.000 Vollarbeiter. Mit tödlichem Verlauf ereigneten sich insgesamt 1.071 Unfälle. Damit wurde (vorläufig) der niedrigste Stand seit Bestehen der Bundesrepublik Deutschland erreicht [16].

Die Optimierungsbestrebungen in den Betrieben lassen erwarten, dass dieser positive Trend auch zukünftig noch anhalten wird. Dennoch werden Arbeitsunfälle nicht ganz ausgeschlossen werden können, da die menschliche Arbeitskraft niemals vollständig zu ersetzen sein wird. Statistiken belegen, dass der Großteil der Arbeitsunfälle auf menschliches Fehlverhalten und Organisationsmängel zurückzuführen ist.

Durch Aufspaltung der Unfallzahlen je 1.000 Vollarbeiter nach wirtschaftszweigbezogenen Gesichtspunkten können Wirtschaftsbereiche mit deutlichem Risikopotential identifiziert werden was in Abbildung 1-2 dargestellt ist.

## Meldepflichtige Arbeitsunfälle je 1.000 Vollarbeiter nach Wirtschaftszweigen - im Jahr 2002 -

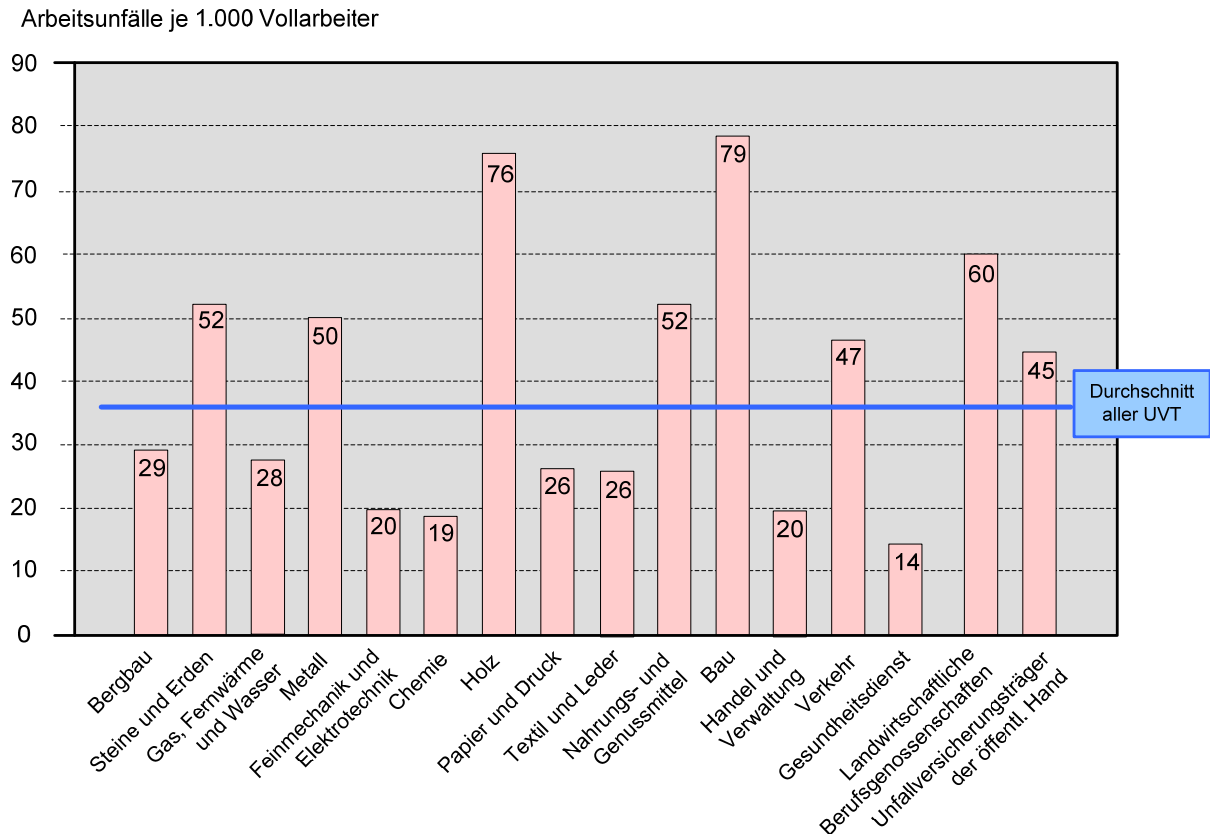


Abbildung 1-2: Arbeitsunfälle nach Wirtschaftszweigen 2002 [16].

Der Durchschnitt aller gemeldeten Arbeitsunfälle je 1.000 Vollarbeitnehmer liegt, wie bereits zuvor erwähnt, bei rund 36 Unfallgeschehen im Jahr 2002. Zu den - gemessen an der Unfallhäufigkeit - unfallträchtigsten Gewerbebranchen gehört demnach mit deutlichem Abstand zum Durchschnitt das Bau- und Holzverarbeitende Gewerbe, gefolgt von Branchen der Nahrungswirtschaft sowie der Steine und Erden-Industrie. Der Bergbausektor liegt mit 29 Unfallgeschehen noch knapp unter der Durchschnittsschwelle.

In den oben aufgezeigten Darstellungen wurden alle aufgetretenen Unfälle bezüglich ihrer Häufigkeit betrachtet, es wurde keine Wertung nach der Unfallschwere vorgenommen. Anhand dieser Kennzahlen lässt sich somit noch keine Interpretation vornehmen, die es erlaubt, die Gefährlichkeit der Beschäftigung in den einzelnen Branchen zu bewerten.

Wie bei den angezeigten Arbeitsunfällen schwankt die Häufigkeit auch der schweren Arbeitsunfälle nach Branchen beträchtlich, allerdings mit anderen Schwerpunkten. Die weitaus höchsten Ziffern schwerer Arbeitsunfälle finden sich traditionell im Bergbau (ohne

Steine und Erden) gefolgt vom Baugewerbe. Auf diese Tatsache, den Bergbau betreffend, soll im Folgenden noch detaillierter eingegangen werden.

Neben den Arbeitsunfällen spielen auch die Berufskrankheiten eine wichtige Rolle bei der Ermittlung der Arbeitsbedingungen in Betrieben, da sie ebenso wie die Arbeitsunfälle zu den Berufsrisiken zählen. Häufig ist der Zusammenhang zwischen einem berufsbedingten Risiko, dem ein Arbeitnehmer ausgesetzt ist, und der auftretenden Endkrankheit nicht eindeutig, da sich das Krankheitsbild oftmals über lange Zeit entwickeln kann (Latenzzeit zwischen Exposition und Ausbruch der Krankheit). Daher wurde eine Liste anerkannter Berufskrankheiten erstellt. Für Betroffene wird so die Beweislage erleichtert, um zu belegen, dass es sich in den jeweiligen Fällen um Berufskrankheiten handelt. Ist ein Betroffener in einem risikobehafteten Bereich beschäftigt und seine Berufskrankheit in der Liste anerkannter Berufskrankheiten aufgeführt, so wird seine Krankheit als Berufskrankheit anerkannt.

Im Jahr 2002 wurden von den gewerblichen Berufsgenossenschaften 16.669 Berufskrankheiten anerkannt; dies bedeutet gegenüber dem Vorjahr eine Abnahme um 219 Fälle bzw. um 1,3 %. Die nachstehenden Abbildungen schlüsseln die anerkannten Berufskrankheiten nach Wirtschaftszweigen und Krankheitsgruppen auf. Mit 6.673 Fällen entfällt mehr als ein Drittel der Anerkennungen auf Erkrankungen auf Grund von Lärmeinwirkungen. Ein weiteres Drittel der anerkannten Berufskrankheiten (5.345 Fälle) wurde durch anorganische Stäube verursacht; hierbei handelt es sich vor allem um Silikose und Asbestose. Die 1.478 anerkannten Hautkrankheiten bilden mit einem Anteil von 8,9 % die drittgrößte Gruppe [17].

Wirtschaftszweige											Veränderung von 2001 auf 2002	
	1980	1985	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2001	2002	absolut	%
Bergbau	2.693	1.285	904	1.105	2.631	3.990	3.067	2.480	2.758	2.492	- 266	- 9,6
Steine und Erden	359	274	357	410	822	1.076	730	718	753	733	- 20	- 2,7
Gas, Fernwärme und Wasser	40	28	16	31	29	106	122	104	70	85	+ 15	+ 21,4
Metall	4.169	1.842	1.944	2.694	4.811	5.410	4.594	4.397	4.740	4.812	+ 72	+ 1,5
Feinmechanik und Elektrotechnik	556	321	520	689	889	836	1.010	830	888	854	- 34	- 3,8
Chemie	527	369	696	963	1.815	1.802	1.330	1.061	1.042	980	- 62	- 6,0
Holz	141	232	315	374	604	870	631	601	552	517	- 35	- 6,3
Papier und Druck	158	53	78	108	261	193	150	121	121	107	- 14	- 11,6
Textil und Leder	298	156	254	263	400	483	320	286	297	304	+ 7	+ 2,4
Nahrungs- und Genussmittel	914	545	1.333	1.074	1.242	1.303	845	898	844	698	- 146	- 17,3
Bau	681	735	1.169	1.606	2.972	3.467	3.248	2.779	2.761	2.894	+ 133	+ 4,8
Handel und Verwaltung	172	225	418	694	732	804	962	811	849	931	+ 82	+ 9,7
Verkehr	163	140	161	198	336	349	463	361	350	386	+ 36	+ 10,3
Gesundheitsdienst	1.175	664	1.198	2.018	1.875	1.296	1.142	967	863	876	+ 13	+ 1,5
<b>Insgesamt</b>	<b>12.046</b>	<b>6.869</b>	<b>9.363</b>	<b>12.227</b>	<b>19.419</b>	<b>21.985</b>	<b>18.614</b>	<b>16.414</b>	<b>16.888</b>	<b>16.669</b>	<b>- 219</b>	<b>- 1,3</b>

Abbildung 1-3: Anerkannte Berufskrankheiten nach Wirtschaftszweigen [17]

Bezeichnung											Veränderung von 2001 auf 2002	
	1980	1985	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2001	2002	absolut	%
<b>Chemische Einwirkungen</b>	696	454	411	369	559	602	519	342	365	345	- 20	- 5,5
Metalle und Metalloide	61	68	60	59	81	52	76	68	56	61	+ 5	+ 8,9
Erstickungsgase	103	81	44	50	41	88	86	21	40	32	- 8	- 20,0
Lösungsmittel, Pestizide und sonst. chem. Stoffe	532	305	307	260	437	462	357	253	269	252	- 17	- 6,3
<b>Physikalische Einwirkungen</b>	7.264	3.364	3.610	4.504	8.049	9.855	8.267	7.342	7.832	7.837	+ 5	+ 0,1
Mechanische Einwirkungen	871	566	733	703	928	1.555	1.188	938	955	976	+ 21	+ 2,2
Druckluft	4	3	21	3	17	3	12	7	6	7	+ 1	
Lärm	6.384	2.790	2.854	3.780	6.792	7.996	6.785	6.197	6.682	6.673	- 9	- 0,1
Strahlen	5	5	2	18	321	301	282	200	189	181	- 8	- 4,2
<b>Infektionserreger, Parasiten, Tropenkrankheiten</b>	1.422	650	472	529	1.074	702	837	674	632	648	+ 16	+ 2,5
<b>Atemwege, Lungen, Rippenfell, Bauchfell</b>	1.789	1.557	2.774	3.183	6.059	7.514	7.057	6.241	6.531	6.213	- 318	- 4,9
Anorgan. Stäube	1.409	1.128	1.375	1.866	4.603	6.014	5.882	5.118	5.550	5.345	- 205	- 3,7
Organ. Stäube	1	2	35	41	61	57	43	53	38	47	+ 9	+ 23,7
Obstruktive Atemwegserkrankungen	379	427	1.364	1.276	1.395	1.443	1.132	1.070	943	821	- 122	- 12,9
<b>Hautkrankheiten</b>	863	820	2.065	2.723	2.461	1.872	1.632	1.467	1.400	1.478	+ 78	+ 5,6
<b>Insgesamt</b>	<b>21.783</b>	<b>12.220</b>	<b>16.127</b>	<b>19.364</b>	<b>32.878</b>	<b>38.516</b>	<b>34.155</b>	<b>29.991</b>	<b>31.488</b>	<b>30.916</b>	<b>- 239</b>	<b>- 1,3</b>

Abbildung 1-4: Anerkannte Berufskrankheiten nach Krankheitsgruppen [17]

Die Entwicklung der Zahl der anerkannten Berufskrankheiten seit ihrer erstmaligen statistischen Erfassung im Jahre 1978 ist in Abbildung 1-5 dargestellt. Der seit 1997 vorliegende Rückgang wurde lediglich im Jahr 2001 unterbrochen. Tendenziell zeigt sich ein Rückgang bis zum Jahre 1985; dieser hat sich von da ab in einen deutlich ansteigenden Trend umgekehrt. Der Grund hierfür ist zum einen das Hinzukommen neuer anerkannter Berufskrankheiten, zum anderen repräsentiert diese Entwicklung in gewissem Maße die Latenzzeit bestimmter Krankheiten ([16], [17]).

Die genannten Schwerpunkte bei den Berufskrankheiten wie Lärmschwerhörigkeit und Silikose betreffen in bedeutender Weise auch den Bergbau.

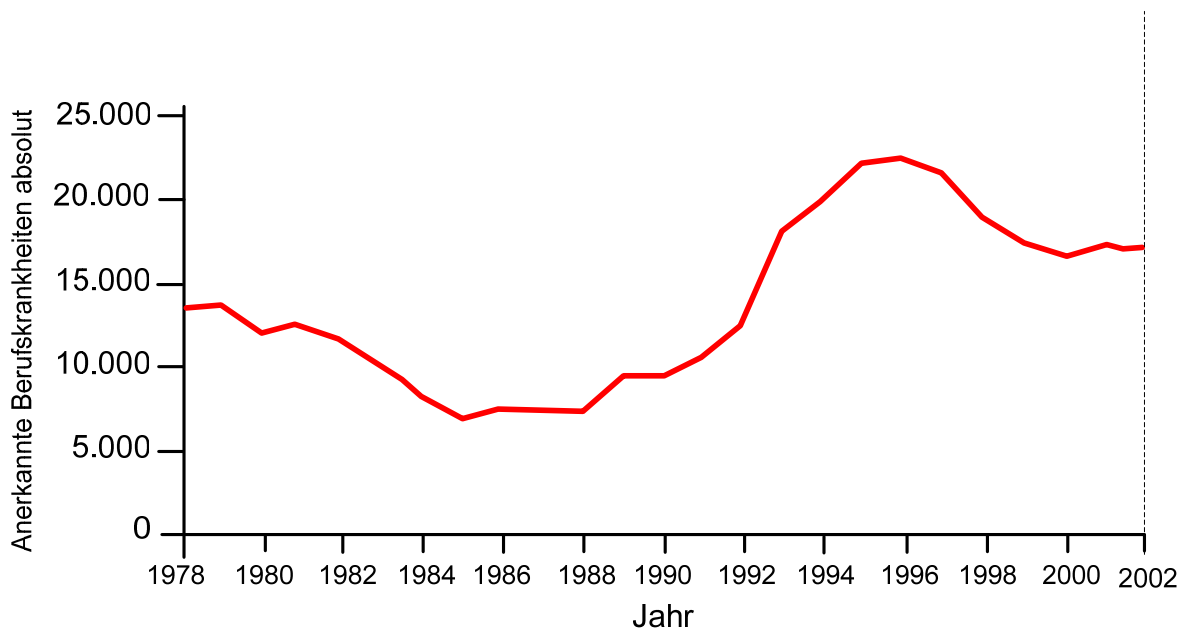


Abbildung 1-5: Entwicklung der Berufskrankheiten 1978 bis 2002 [17].

## 1.2 Statistik des Unfallgeschehens im Bergbau in Deutschland

Arbeitsschutz und Sicherheit gehören vor allem im Bergbau zu den prioritären Unternehmenszielen und stehen heute nahezu gleichrangig neben der Produktion. Wie in allen Industrie- und Gewerbebranchen lässt sich über der Zeit ein deutlicher Rückgang des Unfallgeschehens im Bergbau verzeichnen, welcher teilweise noch stärker ausgeprägt ist als in anderen Wirtschaftszweigen. Diese Entwicklung resultiert einerseits aus dem stetigen Niedergang der Beschäftigungszahlen, vor allem im Stein- und Braunkohlenbergbau, andererseits aus dem zunehmenden Mechanisierungsgrad bergbaulicher Tätigkeiten, in erster Linie in untertägigen Betrieben, was zu einer deutlichen Erhöhung der Schichtleistung geführt hat. Vereinfacht ausgedrückt können heute mit weniger Personal höhere Förderzahlen erzielt werden, was sich in direkter Weise auch in den Unfallzahlen niederschlägt.

Abbildung 1-6 zeigt graphisch die Entwicklung der Arbeitsunfälle in den einzelnen Bergbauzweigen im Zeitraum von 1978 bis 2002.



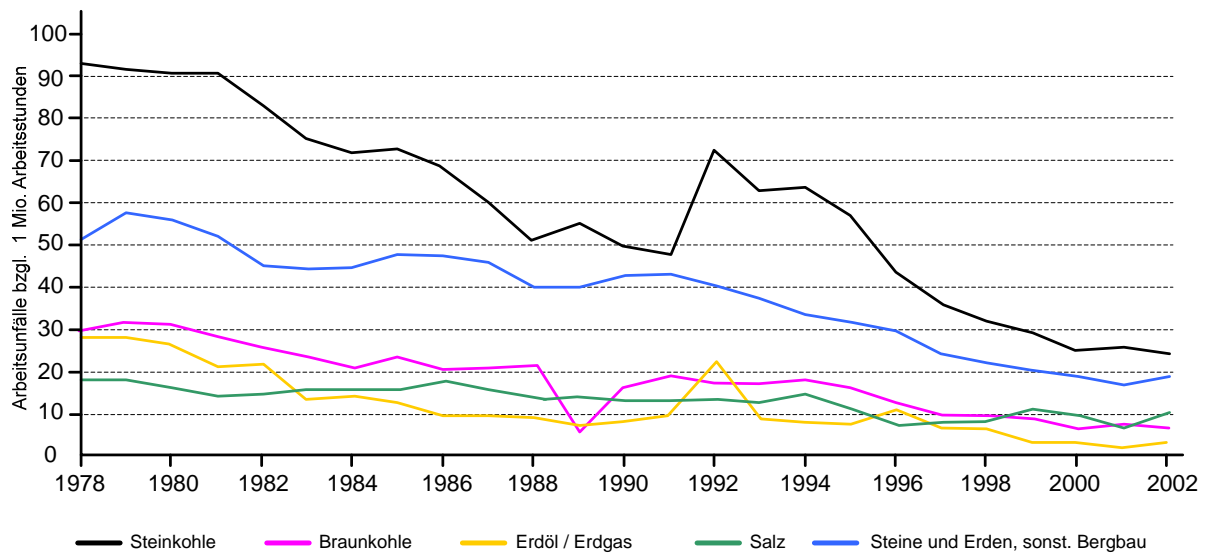


Abbildung 1-6: Entwicklung der Arbeitsunfälle im Bergbau 1978 bis 2002<sup>1</sup> [18].

Die Graphik zeigt, dass die Schwerpunkte bei den sich im Berichtsjahr insgesamt ereigneten Arbeitsunfällen im Bereich des Steinkohlenbergbaus liegen, gefolgt von der Steine und Erden-Industrie. In den 13 verbliebenen Großbergwerken der DSK waren im Jahr 2002 im Jahresdurchschnitt 49.593 Arbeitnehmer beschäftigt, in der Steine und Erden-Industrie arbeiteten im Berichtsjahr 14.666 Personen in 2.686 Betrieben, die überwiegend zu den kleinen und mittelständischen Unternehmen zählen. Der Braunkohlenbergbau beschäftigte 21.174 Arbeitnehmer in 13 Bergwerken.

In Tabelle 1 wird eine Aufstellung vorgenommen, die die Arbeitsunfälle getrennt nach den Arbeitsbereichen „unter Tage“, „in Tagebauen“ und „über Tage“ zusammenfasst.

<sup>1</sup> Unfälle insgesamt bezogen auf 1 Mio. verfahren Arbeitsstunden, ab 1997 wurde der NE- und der Eisenerzbergbau in den Sonstigen Bergbau mit einbezogen

<b>Summe der Unfälle unter Tage</b>						
	<b>Gesamt</b>	<b>Steinkohle</b>	<b>Braunkohle</b>	<b>Erdöl/Erdgas</b>	<b>Salz</b>	<b>Steine/Erden sonst. Bb</b>
Insgesamt	1.500	1.379	3	-	66	52
Pro 1 Mio. AS	30,50	34,54	88,05	-	9,27	24,81

<b>Summe der Unfälle im Tagebau</b>						
	<b>Gesamt</b>	<b>Steinkohle</b>	<b>Braunkohle</b>	<b>Erdöl/Erdgas</b>	<b>Salz</b>	<b>Steine/Erden sonst. Bb</b>
Insgesamt	250	-	119	-	-	131
Pro 1 Mio. AS	9,47	-	7,30	-	-	12,97

<b>Summe der Unfälle über Tage</b>						
	<b>Gesamt</b>	<b>Steinkohle</b>	<b>Braunkohle</b>	<b>Erdöl/Erdgas</b>	<b>Salz</b>	<b>Steine/Erden sonst. Bb</b>
Insgesamt	2.419	1.544	188	21	137	529
Pro 1 Mio. AS	17,50	24,58	7,09	3,65	9,21	18,70

Tabelle 1: Arbeitsunfälle nach Arbeitsbereichen 2002 [18]

Aus den oben stehenden Tabellen wird deutlich, dass die meisten Unfälle - in absoluten Zahlen gesehen - in den Betriebsbereichen über Tage auftraten, hier vor allem im Bereich des Steinkohlenbergbaus und des Steine und Erden-Bergbaus. Als sehr unfallträchtig ist vor allem der Steinkohlentiefbau zu bezeichnen, welcher mit fast 1.400 Unfällen im Jahr 2002 mit

Abstand die höchste Unfallquote aufweist. Dies resultiert vor allem aus der räumlichen Enge durch das allumgebende Gebirge. Die räumlich Lage sowie der hohe Mechanisierungsgrad, beispielsweise am Übergang Streb - Strecke im Steinkohlenbergbau bedingt, dass sich in solchen Bereichen Maschinen bzw. Antriebe konzentrieren, die manuell bedient und gewartet werden müssen.

Ein weiteres bedeutendes Unfallrisiko steht im Zusammenhang mit dem Betrieb von Maschinen und Förderern sowie dem Umgang mit Arbeitsmitteln und Gezähe. In Tagebauen ist hierbei beispielsweise der Betrieb von Mobilgeräten zu nennen, durch deren Einsatz es immer wieder zu Unfällen kommt, insbesondere durch Abstürze vom Gerät, Fahrfehler oder bei Reparatur- und Instandhaltungsarbeiten.

Erdbewegungsmaschinen werden neben ihrer eigentlichen Aufgabe auch als Transportmittel und Hebezeug verwendet und wechseln dabei häufig ihren Standort. Neben dem Maschinenführer sind dabei Personen unmittelbar gefährdet, die z.B. beim Transportvorgang Hilfe leisten und sich deshalb im Gefahrenbereich aufhalten müssen. Mittelbar gefährdet sind Arbeitnehmer, die sich in der Nähe der Erdbaumaschinen arbeitsbedingt aufhalten, insbesondere durch die Bewegung der Geräte wie beispielsweise Rückwärtsfahren, Wenden oder Schwenken. Eine bekannte Schwachstelle ist die begrenzte Sicht des Geräteführers vor allem im rückwärtigen Maschinenbereich. Als Folge können schwere (sogar tödliche) Verletzungen auftreten durch Überfahren, Quetschen oder Einklemmen von Personen.

In den meisten Fällen sind die genannten Unfallursachen beim Betrieb von Erdbaumaschinen auf menschliches Fehlverhalten zurückzuführen, sei es durch Fahrlässigkeit des Geräteführers oder durch die Unterschätzung von Gefahren seitens der sich im Bewegungsbereich aufhaltenden Personen. Die Vielzahl der verhaltensbedingten Unfallursachen mit Erdbaugeräten ist nicht zuletzt auch ein Indiz für Ausbildungs- und Schulungsdefizite. Eine Reihe der aufgetretenen Unfälle könnte durch arbeitsorganisatorische Maßnahmen verhindert werden ([19][20]).

Dem Arbeitsschutz dienliche Maßnahmen betreffen neben der Minimierung von Unfallrisiken auch die Verhütung von berufsbedingten Krankheiten. Vor allem in Punkto Lärmbelastung besteht nach wie vor ein großer Handlungsbedarf. Möglichkeiten zur Minimierung der Belastungen können ebenso technischer, organisatorischer oder persönlicher Natur sein wie beispielsweise die Kapselung lauter Maschinen oder persönliche Schutzausrüstungen (Gehörschutz).

## **2 Recherche deutscher und internationaler Unfallverhütungs-vorschriften und Verordnungen für den Einsatz und die sicherheitstechnische Gestaltung von Erdbaumaschinen**

Im Rahmen dieser Recherche wurden Richtlinien und UVVen (sofern vorhanden) aus folgenden Ländern untersucht und einem Vergleich unterzogen:

- Deutschland
- Österreich
- Schweiz
- Großbritannien
- Luxemburg
- Europäische Union
- Kanada
- USA

Zusammenfassend sind für die europäischen Länder die folgenden EU-Richtlinien in der jeweils landesspezifischen Umsetzung zu nennen:

- Richtlinie 98/37/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Juni 1998 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Maschinen (Maschinenrichtlinie)
- Richtlinie 2001/95/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 3. Dezember 2001 über die allgemeine Produktsicherheit

Die Maschinenrichtlinie regelt die wichtigsten Punkte für den sicheren Betrieb und Konstruktion von Mobilgeräten. Aus diesem Grund wird nachfolgend nur die Maschinenrichtlinie mit den Regelungen aus Kanada und den USA verglichen.

Unfallverhütungsvorschriften im eigentlichen Sinne gibt es nur in Deutschland. Luxemburg hat diese mit geringfügigen Änderungen übernommen. In allen anderen EU-Staaten und außereuropäischen Ländern sind keine vergleichbaren derart detaillierten Regelungen für den sicheren Umgang mit Erdbaumaschinen vorhanden.

Im außereuropäischen Bereich wurden folgende Rechtsquellen untersucht:

### **Kanada:**

- Canada Occupational Health and Safety Regulations SOR/86-304
- Health, Safety and Reclamation Code for Mines in British Columbia

- Occupational Health and Safety Regulation ("OHS Regulation")

## **USA:**

Code of Federal Regulations, Title 30: Mineral Resources, PART 56 - SAFETY AND HEALTH STANDARDS - SURFACE METAL AND NONMETAL MINES, Subpart H - Loading, Hauling, and Dumping (COFR), auch als Federal Mine Safety and Health Act of 1977 (Public Law 95-164) bezeichnet.

Subpart M - Machinery and Equipment (COFR)

## **2.1 Vergleich der Europäischen Maschinenrichtlinie 98/37 mit dem Title 30 des Code of Federal Regulation (COFR) (USA) und den kanadischen Occupational Health and Safety Regulations(OHS) (SOR/86-304)**

Ein Vergleich der Anhänge 1 und 3 der europäischen Maschinenrichtlinie mit den OHS-Regelungen in Kanada und den Sicherheitsstandards in den USA zeigt, dass sich der Aufbau der amerikanischen Regelungen sehr von der EU-Richtlinie unterscheidet. Einige Punkte sind in den amerikanischen Regelwerken gar nicht aufgeführt, andere dafür sehr viel detaillierter und ähneln damit eher einer UVV als einer Richtlinie. Nachfolgend sind die wesentlichen Unterschiede analysiert und zusammengefasst. Der Vergleich zeigt nur die zusätzlichen Bestimmungen in den kanadischen und amerikanischen Regelwerken gegenüber der EU-Richtlinie. Die fehlenden Bestimmungen in diesen Regelwerken werden nicht weiter erwähnt.

### **2.1.1 Bremsen**

Die EU-Richtlinie schreibt hier unter dem Punkt „Stillsetzen“ vor, dass die Maschinen alle Anforderungen im Hinblick auf Verlangsamung, Bremsen (=Verzögern), Anhalten und Stillsetzen für alle vom Hersteller vorgesehenen normalen Betriebsbedingungen für einen sicheren Betrieb erfüllen müssen. Weiterhin muss die selbstfahrende Maschine vom Fahrer mittels einer entsprechenden Hauptvorrichtung abgebremst und angehalten werden können. Der COFR beschreibt darüber hinaus detailliert das Vorgehen zum Testen der Bremsen bei Mobilgeräten. Dabei muss das Gerät in Abhängigkeit von Gewicht und Geschwindigkeit innerhalb einer bestimmten ebenen Wegstrecke sicher zum Stehen gebracht werden können. Diese Tests sind in Kanada für die Hälfte aller Geräte mit einem Gewicht von über 45 t

vorgeschrieben. Jedes dieser Geräte ist innerhalb eines Zeitraumes von drei Jahren mindestens einmal zu prüfen.

### **2.1.2 Reparatur von Reifen**

Die amerikanische Richtlinie schreibt unter § 56.14104 vor, wie bei der Reparatur von Reifen vorzugehen ist:

Vor der Demontage ist der Druck aus dem Reifen abzulassen. Zum Füllen des Reifens nach der Montage ist entweder ein Schutzkäfig zu verwenden, der beim Platzen des Reifens die wegfliegenden Teile aufhält oder eine Befüllereinrichtung zu benutzen, die von einer Position außerhalb des Gefahrenbereiches bedient werden kann. Der Wortlaut der kanadischen Richtlinie ist ähnlich. Eine entsprechende Regelung ist in der EU-Richtlinie nicht vorhanden.

### **2.1.3 Überrollschutz (R.O.P.S.; roll over protective structures)**

Der Überrollschutz ist in der europäischen Richtlinie für folgende Maschinen mit einer Motorleistung über 15 kW vorgesehen:

- Rad- oder Raupenlader
- Baggerlader
- Rad- oder Raupenschlepper
- Schrapper
- Planiertrauben und Dumper mit Knicklenkung

Dieser Aufbau muss so beschaffen sein, dass er dem Fahrer beim Überschlag einen angemessenen Verformungsgrenzbereich sichert (DLV; deflection limiting volume). Der Aufbau ist vom Hersteller zu prüfen. Die kanadische SOR 86-304 schreibt vor, dass alle Geräte mit aufsitzendem Fahrer, bei denen Gefahr durch Umkippen oder Überschlagen besteht, mit einem Überrollschutz ausgestattet sein müssen. Nach der amerikanischen Sicherheitsrichtlinie müssen die in der europäischen Richtlinie genannten Geräte ab einem Gewicht von 7.000 kg (in Kanada bereits ab 700 kg) mit einem Überrollschutz ausgerüstet sein. Darüber hinaus ist dieser Schutz auch für Grader, Scraper, Walzen, Bohrwagen und Seitenkipplader vorgeschrieben und muss dem SAE-Standard entsprechen. Weiterhin kann in Kanada verlangt werden, dass ein ROPS an denjenigen bisher nicht genannten Geräten montiert wird, bei denen es durch die Konstruktion oder die Einsatzbedingungen des Gerätes erforderlich wird. Sicherheitsgurte sind bei Umsturzgefahr oder bei fahrendem Gerät anzulegen. Bei Betrieb in stehender Position darf der Gurt abgelegt werden. Der ROPS darf nach außergewöhnlicher Belastung erst wieder verwendet werden, wenn er von einem Sachverständigen für den weiteren Gebrauch wieder

geprüft wurde. Reparaturen oder Veränderungen dürfen nur in Absprache mit dem Hersteller oder einem zugelassenen Sachverständigen durchgeführt werden. Diese Details sind in der europäischen Maschinenrichtlinie nicht vorhanden.

#### **2.1.4 Anschnallgurte bei SKW**

Die amerikanische Richtlinie sieht das Vorhandensein und Anlegen von Anschnallgurten in SKW vor. Weiterhin sind Anschnallgurte zu benutzen, wenn durch sie ein sichereres Arbeiten ermöglicht wird. Laut der kanadischen und europäischen Richtlinie ist das Vorhandensein und Anlegen eines Anschnallgurts nur bei Geräten erforderlich, die mit ROPS ausgestattet sind.

#### **2.1.5 Signaleinrichtungen**

Das Mobilgerät ist nach der amerikanischen Richtlinie mit einer der nachfolgend genannten Einrichtungen auszustatten, wenn der Fahrer keine ausreichende Sicht nach hinten hat:

- automatische Rückfahrwarneinrichtung
- eine an den Rädern montierte Alarmglocke, die bei einer Rückwärtsbewegung der Maschine mindestens einmal pro drei Fuß zurückgelegtem Weg läutet oder
- Verwendung eines Einweisers

Die Signallautstärke der akustischen Warneinrichtungen muss über der Umgebungslautstärke liegen. Alternativ kann bei Nacht eine optische Warneinrichtung (Blitzlicht) verwendet werden.

Vor dem Bewegen eines Mobilgerätes hat der Fahrer durch ein Warnsignal eventuell umstehende Personen zu warnen.

Die EU-Richtlinie sieht hier vor, dass Mobilgeräte mit Warneinrichtungen ausgerüstet werden müssen, wenn dies zum Schutz der Gesundheit der gefährdeten Personen notwendig ist. Die Geräte müssen über eine akustische Warneinrichtung verfügen. Weiterhin müssen Maschinen mit aufsitzendem Fahrer ein auf die vorgesehenen Einsatzbedingungen abgestelltes Lichtsignalssystem aufweisen. Maschinen, bei denen die eigenen Bewegungen und die ihrer Arbeitseinrichtungen eine besondere Gefahr darstellen, müssen eine Aufschrift tragen, die es untersagt, sich der Maschine während des Betriebs zu nähern. Sie muss aus einem ausreichenden Abstand lesbar sein, bei dem die Sicherheit der Personen, die sich in Maschinennähe aufhalten müssen, gewährleistet ist.

### **2.1.6 Parken und unbeaufsichtigtes Abstellen**

Nach der COFR sind bei Abstellen auf einer geneigten Fläche außer der Feststellbremse entweder Bremskeile zu verwenden oder die Lenkung zur Böschungsseite der Straße (mit Wall) einzuschlagen. Die kanadische Richtlinie schreibt vor, dass das Gerät beim Verlassen gegen unbeabsichtigte Bewegung durch Anziehen der Feststellbremse und Einlegen der vom Hersteller dafür vorgesehenen Getriebestufe zu sichern ist. Wenn erforderlich, sind zusätzlich Unterlegkeile zu verwenden.

Weiterhin ist das Gerät mit Warnlichtern zu versehen, wenn vom abgestellten Gerät eine Gefahr für Personen in anderen Mobilgeräten ausgeht (z. B. auf Fahrwegen bei Nacht; COFR)

Die EU-Richtlinie sagt aus, dass die Maschine, sofern es die Sicherheit erfordert, mit einer mechanischen Feststelleinrichtung arretierbar sein muss. Die Verwendung von Bremskeilen oder das Einschlagen der Lenkung wird nicht vorgeschrieben.

### **2.1.7 Beleuchtung**

Laut EU-Richtlinie muss eine der auszuführenden Arbeit entsprechende Beleuchtung beim Einsatz an unbeleuchteten Orten vorhanden sein. Die kanadische Richtlinie legt fest, dass die Geräte für einen Einsatz bei Nacht oder an Orten mit einer Beleuchtung unter 10 Lux vorne und hinten mit Warnlichtern auszurüsten sind, die auf eine Entfernung von mindestens 100m gesehen werden können. Sie müssen weiterhin über eine Beleuchtung verfügen, die den sicheren Einsatz der Geräte ermöglicht. In der amerikanischen Richtlinie müssen die Beleuchtungseinrichtungen eingeschaltet werden, wenn die Geräte auf eine Entfernung von 150m nicht sicher zu erkennen sind. Ferner müssen die Anzeigen in der Kabine beleuchtet sein und die Front- und Rückscheinwerfer der SAE-Spezifikation entsprechen.

### **2.1.8 Feuerlöscher**

Nach der Maschinenrichtlinie ist je nachdem, welche Gefahren der Hersteller beim Einsatz der Maschine gegeben sieht, folgendes vorzusehen:

- die Möglichkeit, leicht zugängliche Feuerlöscher anzubringen oder
- die Ausrüstung mit einem in die Maschine integrierten Feuerlöschsystem.

Die Ausstattung von Mobilgeräten mit mindestens einem Feuerlöscher adäquater Größe sieht der Health and Safety Code for Mines in British Columbia, Kanada vor. Laut COFR muss jedes dieselbetriebene Mobilgerät über einen Feuerlöscher verfügen, der eine ausreichende Mindestgröße hat, an einer für den Fahrer gut erreichbaren Position angebracht ist und dabei



gleichzeitig vor Beschädigungen geschützt ist. Im SOR 86/304 werden keine Angaben über Feuerlöscher gemacht.

## **2.2 Zusammenfassung der Gegenüberstellung der Rechtsquellen**

Der Vergleich der Rechtsquellen zeigt, dass die europäische Maschinenrichtlinie allgemeiner gehalten ist als die amerikanischen und kanadischen Richtlinien. Dies ist damit zu begründen, dass die Maschinenrichtlinie für alle Arten von Maschinen gilt und die hier für den Vergleich relevanten Anhänge 1 und 3 sich auf bewegliche Maschinen beziehen. Im Gegensatz dazu sind die ausgewählten nordamerikanischen Richtlinien explizit auf die Rohstoffgewinnung zugeschnitten und berücksichtigen eher die spezifischen Besonderheiten der Erdbaumaschinen. Daher fehlen allgemeine Regelungen wie z.B. Gefahren durch extreme Temperaturen, nichtelektrische Energie und fehlerhafte Montage. Dafür sind aber Details in anderen Bereichen sehr viel genauer geregelt, die teilweise auch in das Betriebsgeschehen eingreifen. Beispiele hierzu sind die Wartungsanweisungen und der Umgang mit defekten Geräteteilen sowie die Prüfvorschrift für Bremsen an schweren Mobilgeräten. Weiterhin sind auch die Vorschriften zum unbeaufsichtigten Abstellen der Geräte sowie zum Transport von Material mit SKWs zu nennen (Knäpper und große Felsstücke müssen vor dem Laden zerkleinert werden, wenn von ihnen Gefahr für Personen ausgehen kann oder die Stabilität des Fahrzeugs negativ beeinflusst wird).

Als Fazit ist festzuhalten, dass in den (nord-)amerikanischen Richtlinien mehr Details geregelt sind als in den europäischen Regelwerken, dafür aber eine vergleichbare Unfallverhütungsvorschrift fehlt.

Die Überwachung des sicheren Betriebs der Geräte erfolgt in den USA und Kanada durch staatliche Organisationen, die eine Mischung aus Berufsgenossenschaft und TÜV darstellen. Von ihnen erfolgt einerseits die Kontrolle und Prüfung von Geräten und Personal, andererseits werden aber auch Sicherheitshinweise sowie best-practice-Strategien zum sicheren Umgang mit den Geräten erarbeitet und den Betrieben zur Verfügung gestellt.

## **2.3 Untersuchung der Normen im Hinblick auf die Arbeitssicherheit bei Erdbaumaschinen**

Die wichtigsten Aspekte für die sichere Konstruktion und Gestaltung von Erdbaumaschinen sind in den drei nachfolgend genannten internationalen Normen enthalten:

- EN 474 Erdbaumaschinen - Sicherheit, mit den Unterpunkten:
  - 474-1 Allgemeine Anforderungen
  - 474-2 Planiermaschinen
  - 474-3 Radlader
  - 474-4 Baggerlader
  - 474-5 Hydraulikbagger
  - 474-6 Muldenfahrzeuge
  - 474-7 Scraper
  - 474-8 Grader
  - 474-9 Rohrleger
  - 474-10 Grabenfräsen
  - 474-11 Müllverdichter
  - 474-12 Seilbagger
- ISO 2867 – Erdbaumaschinen - Zugänge
- ISO 5006 - Erdbaumaschinen - Sicht

Die europäischen Normen EN 474-1 bis EN 474-12 enthalten die für Erdbaumaschinen sicherheitsrelevanten Anforderungen. Die EN 474-1 nennt Sicherheitsanforderungen, die für alle Erdbaumaschinen Gültigkeit haben. In den Teilen 2 bis 12 der EN 474 sind spezielle Sicherheitsmaßstäbe festgelegt, die nur für den jeweilig genannten Maschinentyp gelten. In diesen Normen werden nur die Ergänzungen, Abweichungen und Spezifizierungen zur Basisnorm 474-1 genannt.

Auf den Inhalt der Normen wird bei der Auswertung der Unfallzahlen im Rahmen der notwendigen Konstruktionsänderungen und Verbesserungsvorschläge eingegangen, sofern dies erforderlich ist.

Momentan befinden sich die drei genannten Normen in der Überarbeitung. Teilweise wird nachfolgend bereits auf die Vorentwürfe eingegangen.

### 3 Auswertung der Unfallzahlen aus Deutschland

Die Grundlage für die Auswertung der Unfallzahlen bilden insgesamt 1125 Unfälle mit Erdbaumaschinen, die in den Jahren 2001 bis 2003 bei der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft gemeldet worden sind. Aus Gründen der Übersichtlichkeit erfolgt eine Zusammenfassung der einzelnen Maschinen zu folgenden Gerätetypen:

- Bagger: beinhalten auch Minibagger
- Radlader: Radlader, Raupenlader, Baggerlader
- Planiergeräte: Raupen, Grader, Scraper
- SKW: Muldenkipper und Dumper
- Sonstige: übrige Unfälle, die nicht eindeutig den oben genannten Kategorien zugeordnet werden können

#### 3.1 Vorgehensweise bei der Auswertung

Für die Auswertung erfolgt die Einteilung der Unfälle zunächst nach Geräteart. Anschließend werden die Unfälle in die Kategorien „konstruktionsbedingt“ und „betriebsbedingt“ einsortiert, sofern dies nach der Unfallbeschreibung möglich ist. Innerhalb der Kategorien werden Unterkategorien gebildet, um die Bereiche Betrieb und Konstruktion genauer gliedern zu können. Die nachfolgende Abbildung 3-1 zeigt die Vorgehensweise bei der Auswertung.

Für einzelne Unfallschwerpunkte, die sich in der Statistik herauskristallisieren, erfolgt später noch eine genauere Auswertung.

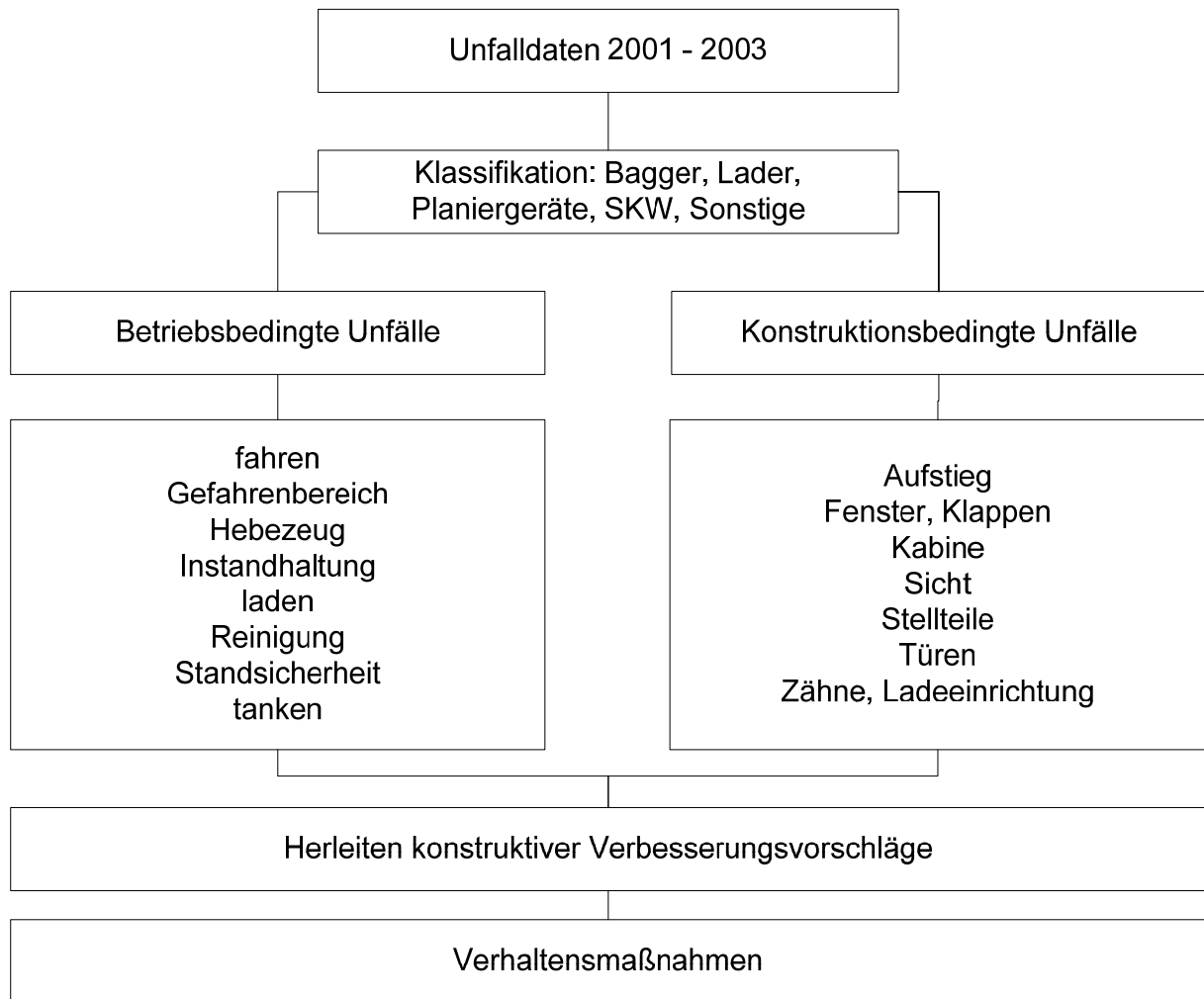


Abbildung 3-1: Schema der Vorgehensweise [7]

### 3.2 Statistische Auswertung der Arbeitsunfälle mit Erdbaumaschinen

Die nachfolgende Grafik zeigt den Verlauf der Unfallzahlen mit Erdbaumaschinen der Jahre 2001 bis 2003 und die Entwicklung der Anzahl der Versicherungsnehmer bei der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft. Dabei ist über die drei untersuchten Jahre eine Abnahme der Unfallzahlen bei gleichzeitigem Rückgang der Anzahl der Versicherungsnehmer zu erkennen. Die Anzahl der Unfälle ging von 418 im Jahr 2001 auf 332 im Jahr 2003 um 21 % zurück. Bei der Anzahl der Versicherungsnehmer ist im gleichen Zeitraum ein Rückgang von 12 % zu verzeichnen.

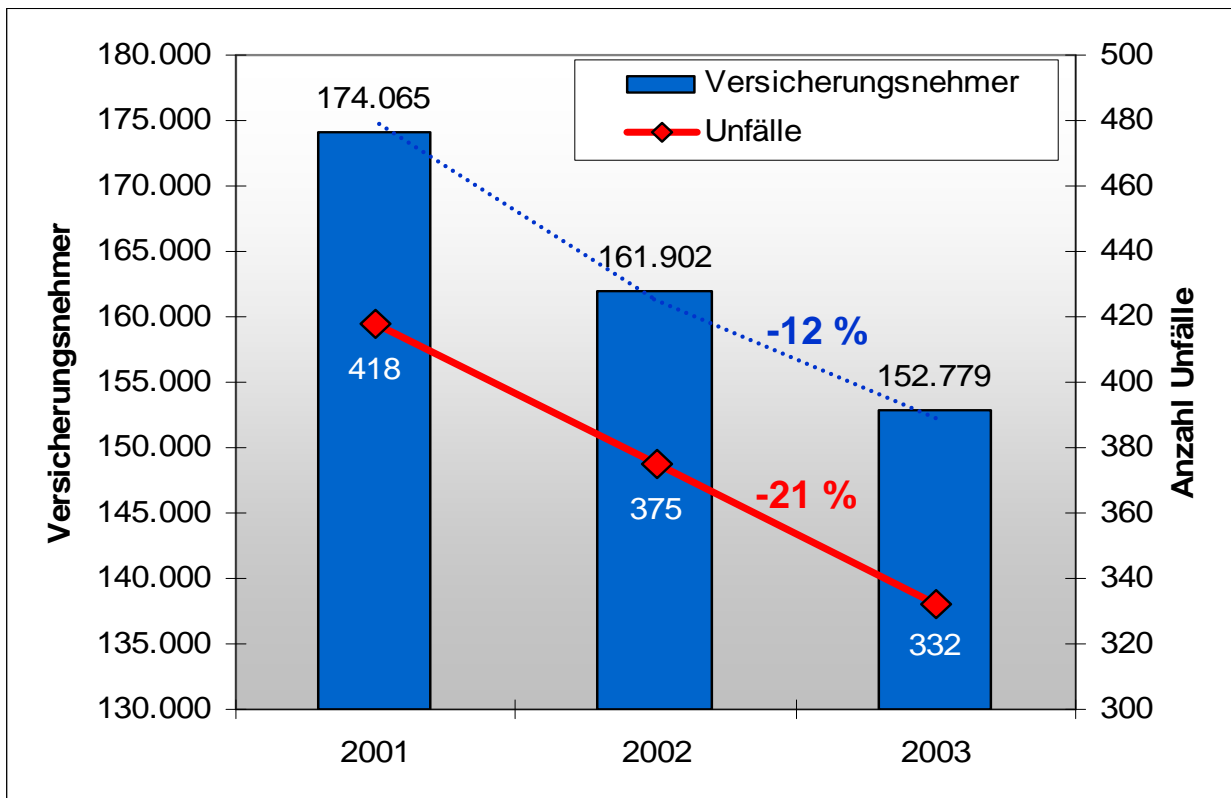


Abbildung 3-2: Unfälle mit Erdbaumaschinen in Abhängigkeit von der Anzahl der Versicherten  
[1]

### 3.3 Aufschlüsselung der Unfälle nach Geräteart

Die folgende Tabelle zeigt die Unfälle über den Betrachtungszeitraum aufgegliedert nach den verschiedenen Gerätearten.

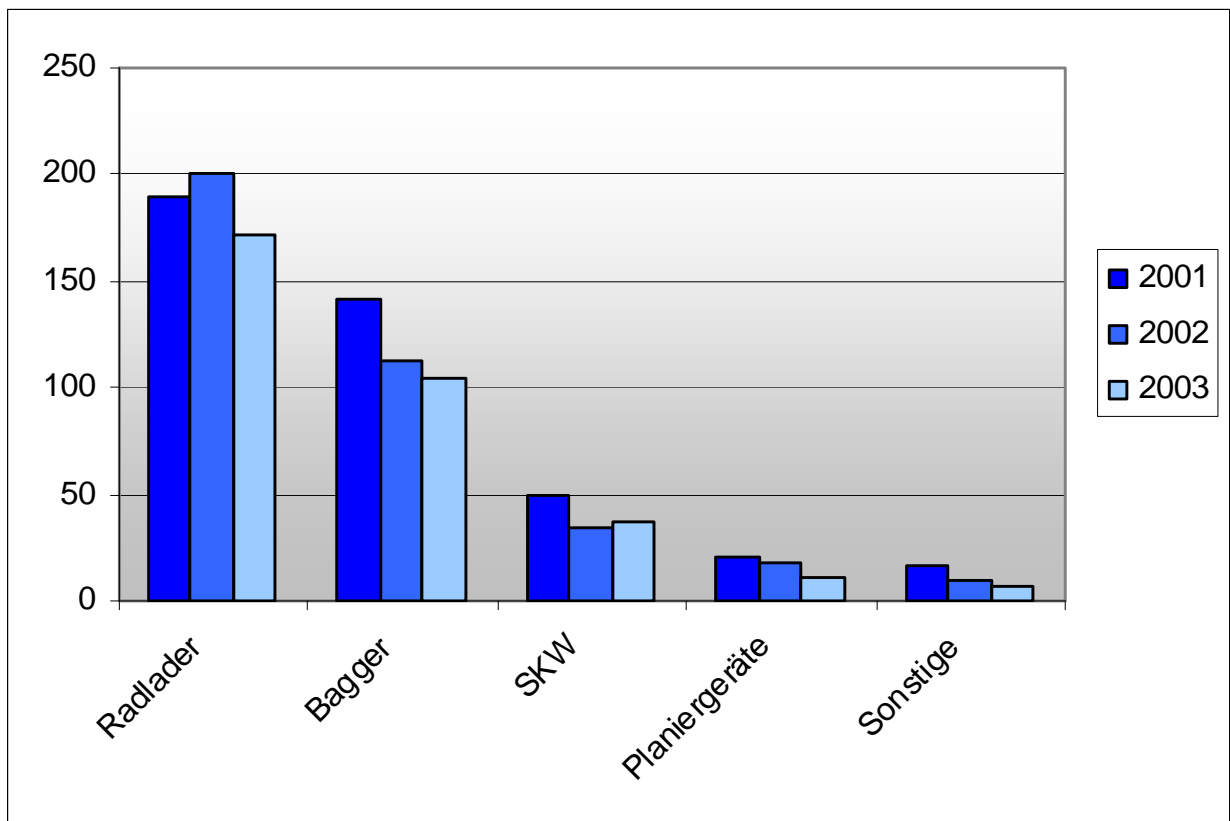


Abbildung 3-3: Unfallzahlen aufgeteilt nach Geräteart

Der größte Rückgang mit einer Abnahme von 26 % der Unfälle ist bei den Hydraulikbaggern zu beobachten.

Das nachfolgende Diagramm zeigt die Unfallverteilung nach Geräteart für den Zeitraum 2001 bis 2003. Es ergibt sich ein Anteil von 50 % für Unfälle mit Radladern und 32 % für Bagger. Die übrigen 18 % der Unfälle teilen sich zu 11 % auf SKW, zu 4 % auf Planiergeräte und zu 3 % auf sonstige Geräte auf.

Die Abbildung 3-4 verdeutlicht den erhöhten Handlungsbedarf bezüglich der Arbeitssicherheit bei Radladern und Hydraulikbaggern.

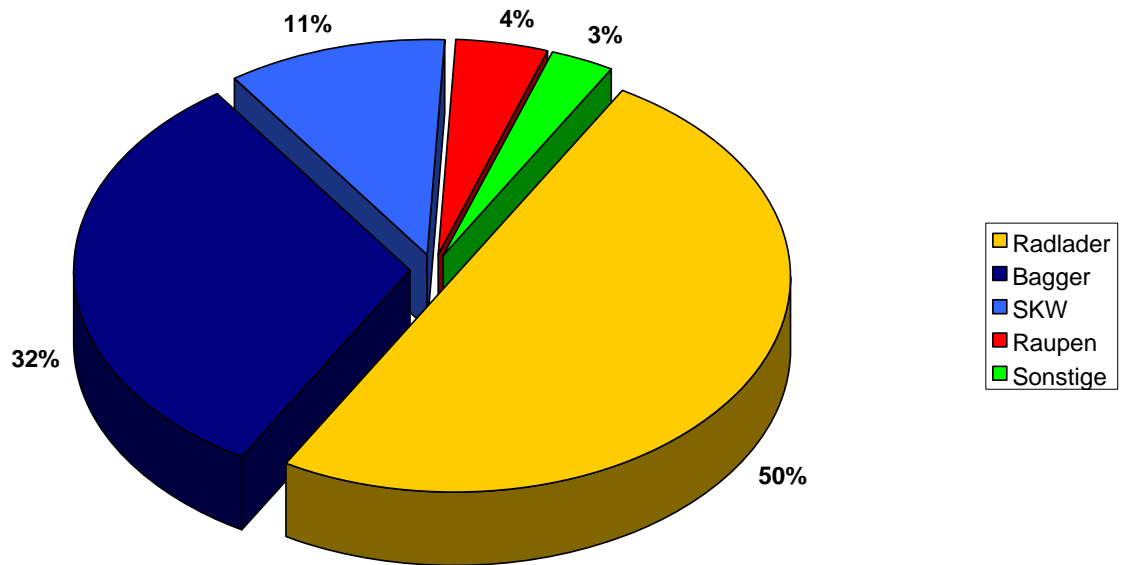


Abbildung 3-4: Unfallverteilung nach Geräteart für den Zeitraum 2001 bis 2003

### 3.4 Aufteilung der Unfälle in die beiden Hauptgruppen

In der nachfolgenden Auswertung wurden zwei verschiedene Hauptgruppen der Unfallursachen untersucht:

- konstruktionsbedingte Unfälle
- betriebsartabhängige Unfälle

Insgesamt ereigneten sich im Untersuchungszeitraum 1.125 Unfälle. Davon können 650 dem Merkmal „Konstruktion“ und 368 dem Merkmal „Betrieb“ zugeordnet werden. Das nachfolgende Diagramm zeigt die Aufschlüsselung der Unfälle in konstruktions- und betriebsbedingte Unfälle. Für 107 Unfälle ist eine eindeutige Zuordnung nicht möglich, da die Unfallbeschreibung den Unfallhergang nicht ausreichend schildert.

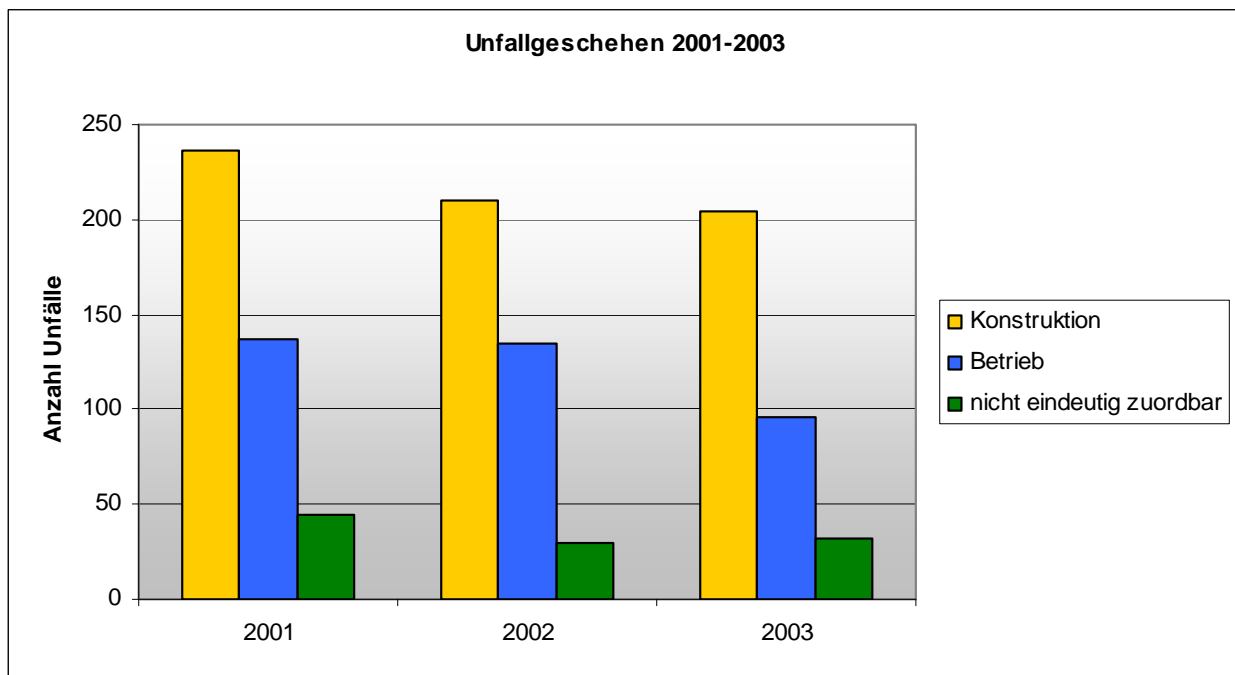


Abbildung 3-5: Aufteilung der Unfälle gesamt

### 3.4.1 Konstruktionsbedingte Unfälle

Die konstruktionsbedingten Unfälle sind auf den Umgang oder die Benutzung der einzelnen Maschinenkomponenten wie z.B. die Kabine oder der Aufstieg an den Erdbaumaschinen zurückzuführen. Das nachstehende Diagramm zeigt den Geräteanteil an dieser Unfallart bedingt durch konstruktive Mängel.



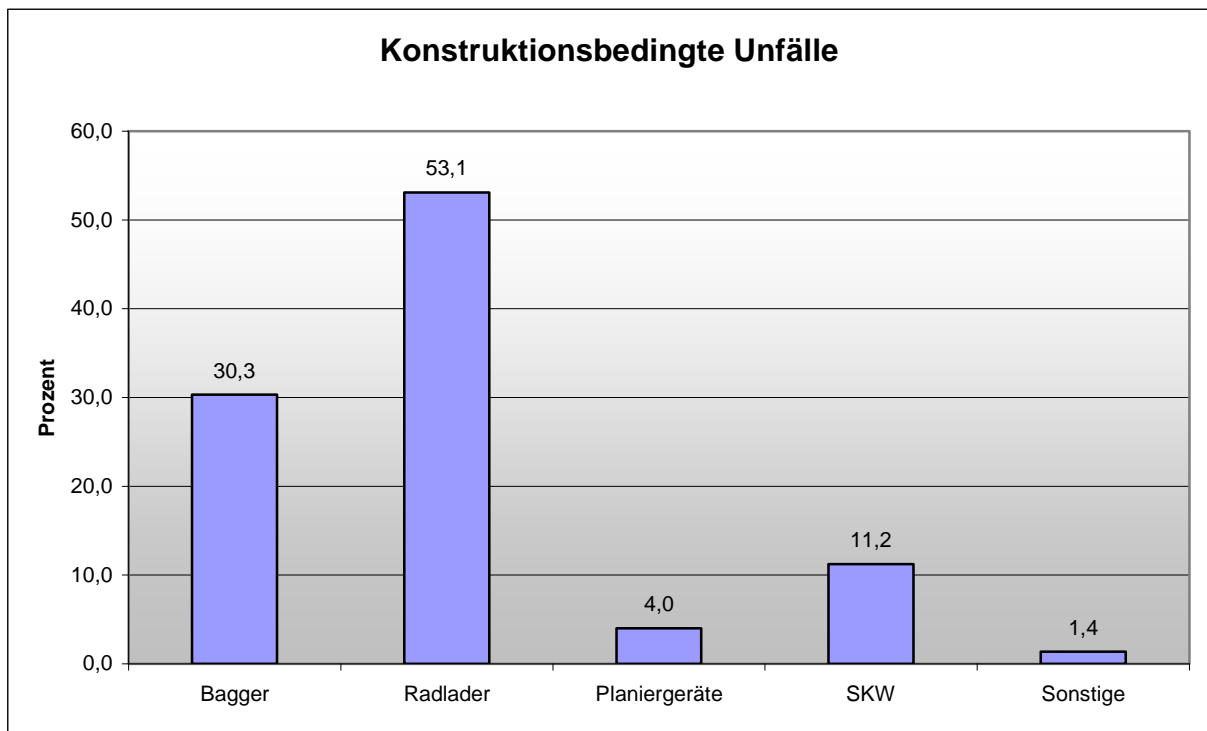


Abbildung 3-6: Prozentuale Anteile der einzelnen Gerätetypen an den Unfällen „Konstruktion“

Prozentual betrachtet ereignen sich mit über 53 % mehr als die Hälfte der konstruktionsbedingten Unfälle bei der Benutzung von Radladern. Der Anteil bei den Hydraulikbaggern beträgt immerhin noch 30,3 %, bei SKW 11,2 %, Planiergeräte 4 %. Sonstige Geräte haben einen Anteil von 1,4 % und werden nachfolgend nicht weiter berücksichtigt.

Im nächsten Schritt der Analyse erfolgt die Auswertung der konstruktionsbedingten Unfallursachen. Das nachfolgende Diagramm zeigt die prozentuale Häufigkeit der Unfälle für den gesamten Untersuchungszeitraum unabhängig von der Geräteart, aufgeteilt nach konstruktiven Merkmalen.

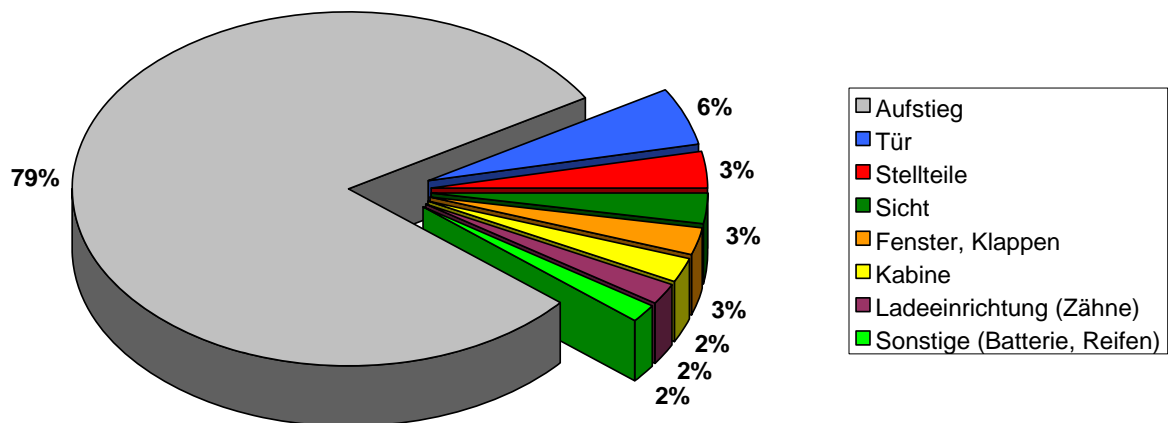


Abbildung 3-7: Unfallzahlen in Abhängigkeit von den Unfall verursachenden Bauteilen

Hier fällt besonders der hohe Anteil von 79 % der Unfälle auf, die im Zusammenhang mit der Benutzung des Aufstiegs stehen. Als Aufstieg ist der Zugang vom Boden bis in die Kabine der Maschine zu verstehen.

Türen sind mit einem Anteil von 6 % vertreten, alle anderen Konstruktionsmerkmale sind mit Anteilen zwischen 2 und 3 % am Unfallgeschehen beteiligt. Die häufigsten Unfallursachen bei den einzelnen betrachteten konstruktiven Merkmalen sind nachstehend aufgeführt:

- **Aufstieg:** Abrutschen vom Aufstieg ist eine der Hauptunfallursachen. Gründe dafür sind entweder Rutschigkeit oder aber eine ergonomisch nicht sinnvolle Anordnung bzw. Konstruktion (z.B. Haltegriffe, Stufenabstand, etc.)
- **Kabine:** häufigste Unfallursache ist das Anprallen des Fahrers gegen die Kabine, hervorgerufen durch Fahrbewegung oder Erschütterungen.
- **Fenster, Klappen:** Bei Wartungsarbeiten wird der Arbeitnehmer durch unkontrolliertes Zuschlagen der Klappen verletzt.
- **Reifen, Räder:** Die größte Unfallgefahr herrscht hier bei der Montage der Reifen an Radladern und Muldenkippern. Die Ursache dafür ist vornehmlich in dem hohen Gewicht der Reifen zu suchen (umkippen, klemmen, quetschen).
- **Stellteile:** Die Unfälle ereigneten sich hauptsächlich durch Aufprall oder Anprall der Hände bei Fahrbewegungen gegen die Steuereinrichtungen infolge Erschütterungen

durch unebenen Untergrund oder durch versehentliches Berühren beim Ein- oder Aussteigen aus dem Gerät.

- **Zähne der Ladeeinrichtung:** Als häufigste Unfallursache ist hier der Zahnwechsel am Bagger und Radlader zu nennen. Dabei kann es durch Losschlagen mit dem Hammer zu Absplitterungen von scharfkantigen Metallstücken kommen, die dann den Versicherten verletzen.
- **Sicht:** Die überwiegende Anzahl der Sichtunfälle resultiert aus Fahrbewegungen ohne ausreichende Sicht. Dabei kommt es zum Anprall an Hindernisse, Zusammenstoß mit anderen Fahrzeugen oder Überfahren von Böschungen und Kippenkanten sowie zur Verletzung von Dritten.
- **Hydraulikschläuche:** Bei der Demontage tritt heißes Hydrauliköl unter hohem Druck aus und verletzt den Arbeiter am Auge oder Gesicht.
- **Batterien:** Die Unfälle mit Batterien sind zu einem Großteil auf unsachgemäße Handhabung zurückzuführen. Kurzschlüsse oder Abklemmen nach Startversuch führen durch auftretendes Knallgas zur Explosion der Batterie. Dabei kommt es auch zum Austritt von Batteriesäure, die insbesondere Augenverletzungen hervorrufen kann.

### 3.4.2 Unfälle in Abhängigkeit von der Betriebsart

Die betriebsartabhängigen Unfallursachen sind durch den persönlichen Umgang mit der Maschine verursacht worden. Die Einordnung erfolgte geräteunabhängig anhand der Unfallbeschreibungen. Als Unfallursachen sind zu nennen:

- **Fahren:** nicht angepasste Geschwindigkeit; Zusammenstoß mit Hindernissen.
- **Laden:** häufig führt hier Überladung der Schaufel oder zu grobstückiges Haufwerk beim Radlader zum Unfall. Die Folge ist, dass das Gerät beim Aufnehmen des Haufwerks mit den Hinterrädern abhebt bzw. aus der Schaufel herabfallende Gesteinsbrocken zu starken Erschütterungen des Gerätes führen.
- **Instandhaltung:** durch den Einsatz von Werkzeug kommt es häufig zu Verletzungen unterschiedlichster Art.
- **Reinigung:** bei der Reinigung der Geräte sind Abrutschen und Absturz des Mitarbeiters die Hauptursache für Unfälle.
- **Transport der Geräte:** das große Gewicht der Maschinen und Anbauteile stellt die Hauptgefahr beim Transport und Verladen der Geräte dar, insbesondere wenn sie sich

beim Verzurren plötzlich in Bewegung setzen oder aber Sicherheitseinrichtungen wie z.B. Geländer für den Transport bereits demontiert worden sind.

- **Standicherheit:** nachgiebiger Untergrund führt zu schräg stehendem Gerät mit nachfolgendem Umsturz.
- **Tanken:** Ausrutschen und Abrutschen führen hierbei hauptsächlich zum Unfall.
- **Aufenthalt im Gefahrenbereich:** Dritte Personen, die sich entweder ohne an der Arbeit direkt beteiligt zu sein im Gefahrenbereich aufhalten oder aber als Einweiser fungieren, werden vom Gerät erfasst.
- **Hebezeug:** die angehobene Last fällt herunter oder dreht sich beim Anheben und erfasst dabei den Arbeitnehmer.

Die betriebsbedingten Unfälle mit Mobilgeräten können, wie nachstehend abgebildet, grafisch dargestellt werden.

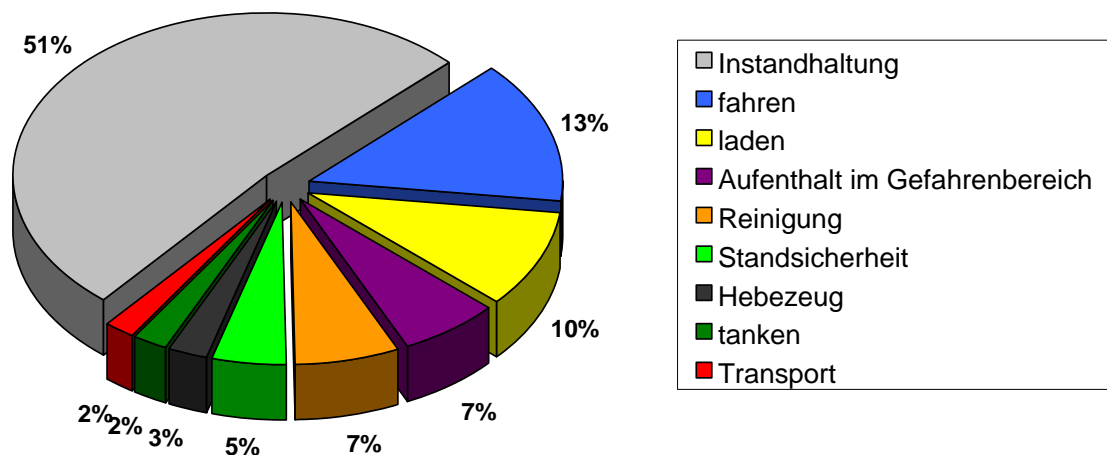


Abbildung 3-8: Prozentuale Verteilung der Unfälle für das Merkmal „Betrieb“

Bei der Auswertung fällt auf, dass 51 % der Unfälle bei der Instandhaltung der Geräte auftreten. Erst danach folgen die Unfälle, die mit dem eigentlichen Betriebseinsatz wie z.B. fahren (13 %) oder laden (10 %) in Zusammenhang stehen. Weiterhin ist bemerkenswert, dass der Aufenthalt im Gefahrenbereich mit einem Anteil von 7 % nur eine untergeordnete Rolle spielt. Ebenfalls mit einem Anteil von 7 % treten Unfälle bei der Reinigung der Geräte auf. Die Standicherheit ist mit einem Anteil von 5 % an den aufgetretenen Unfällen vertreten. Dem Merkmal

„Standicherheit“ wurden Unfälle zugeordnet, bei denen das Gerät aufgrund von Überladung oder nachgiebigem Untergrund umgekippt ist.

Die Unfälle im Hebezeugbetrieb (3 %), beim Tanken (2 %) und Transport (2 %), seien der Vollständigkeit halber hier noch genannt, spielen aber ebenfalls eine eher untergeordnete Rolle.

### **3.4.3 Unfallursachen ohne direkten Einfluss der Konstruktion oder Betriebsart**

Die nachfolgende Auswertung zeigt weitere Ursachen für einen Teil der Unfälle, die nicht ausschließlich der Konstruktion oder der Betriebsart zuzuordnen sind. Als Ursachen sind zu nennen:

- Abrutschen beim Auf- oder Abstieg vom Gerät
- beim Abstieg vom Gerät auf ein Hindernis auf der Sohle getreten
- beim Abstieg vom Gerät bzw. unmittelbar danach umgeknickt
- mit Werkzeug (Schraubenschlüssel, etc.) verletzt
- Fahrfehler, wie z.B. überhöhte Geschwindigkeit
- Versicherungsnehmer wird durch Steinflug verletzt
- gegen stehendes Gerät gelaufen oder gestoßen
- bei Auf- oder Abstieg auf der Sohle infolge von Glätte (Eis, Regen) ausgerutscht
- Wind
- Grundbruch oder Kippenkante überfahren mit nachfolgendem Absturz oder Abrutschen des Gerätes
- technischer Defekt, wie z.B. Abreißen von Haltegriffen
- Nachfall von Haufwerk
- Abspringen vom Gerät
- Quetschen der Hand oder von Fingern zwischen Material und Gerät z.B. beim Einladen in die Schaufel
- Fehlverhalten
- Glätte auf dem Gerät (Eis, Reif, Öl, Fett, sonstige Verschmutzungen)
- Fahrer nicht angeschnallt

Bemerkenswert sind hier die hohe Anzahl der Unfälle durch Abrutschen (Aufstieg), Auftritt auf ein Hindernis und Unfälle durch Umknicken beim Absteigen vom Gerät. Diese Unfälle werden im nachfolgenden Teil noch einmal gesondert in Verbindung mit dem Konstruktionsteil „Aufstieg“ betrachtet.

In den nachfolgenden Diagrammen ist die Verteilung der zuvor genannten Unfallursachen in absoluten Zahlen (Abbildung 3-9) sowie prozentual (Abbildung 3-10) für alle Unfälle des Betrachtungszeitraumes dargestellt.

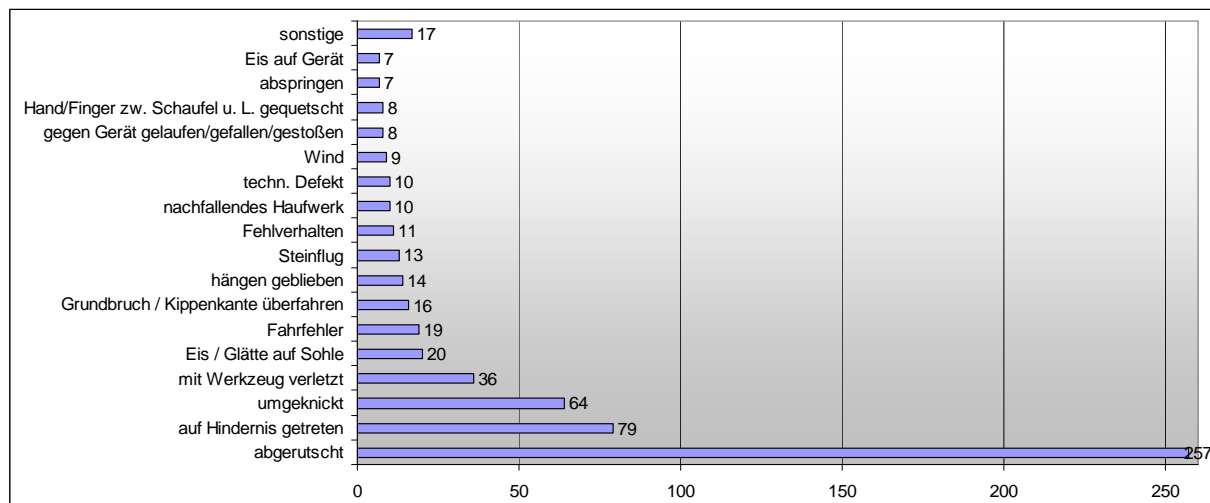


Abbildung 3-9: Absolute Verteilung der häufigsten Ursachen aller Unfälle

Die Unfalltypen „auf Hindernis getreten“ und „umgeknickt“ stellen mit zusammen 13 % einen nicht unerheblichen Anteil an den Unfallursachen dar, die nicht direkt der Konstruktion oder Betriebsart zuzuordnen sind. Mit einem Anteil von 3 % sind die Unfälle zu nennen, bei denen die Verletzung mit einem Werkzeug erfolgte. Dies passierte überwiegend bei der Instandhaltung der Geräte. Fahrfehler tragen mit einem Anteil von 2 % zum Unfallgeschehen in dieser Gruppe bei. Die übrigen Unfallursachen sind mit einem Anteil  $\leq 1\%$  von untergeordneter Bedeutung. Die Unfallursache „ohne Gurt“ wird hier nicht aufgeführt, da dies in der Unfallmeldung nicht gesondert erfasst wird und nur in Einzelfällen aus der Beschreibung des Unfallgeschehens hervorgeht. Es ist in diesem Fall aber von einer höheren Quote auszugehen.

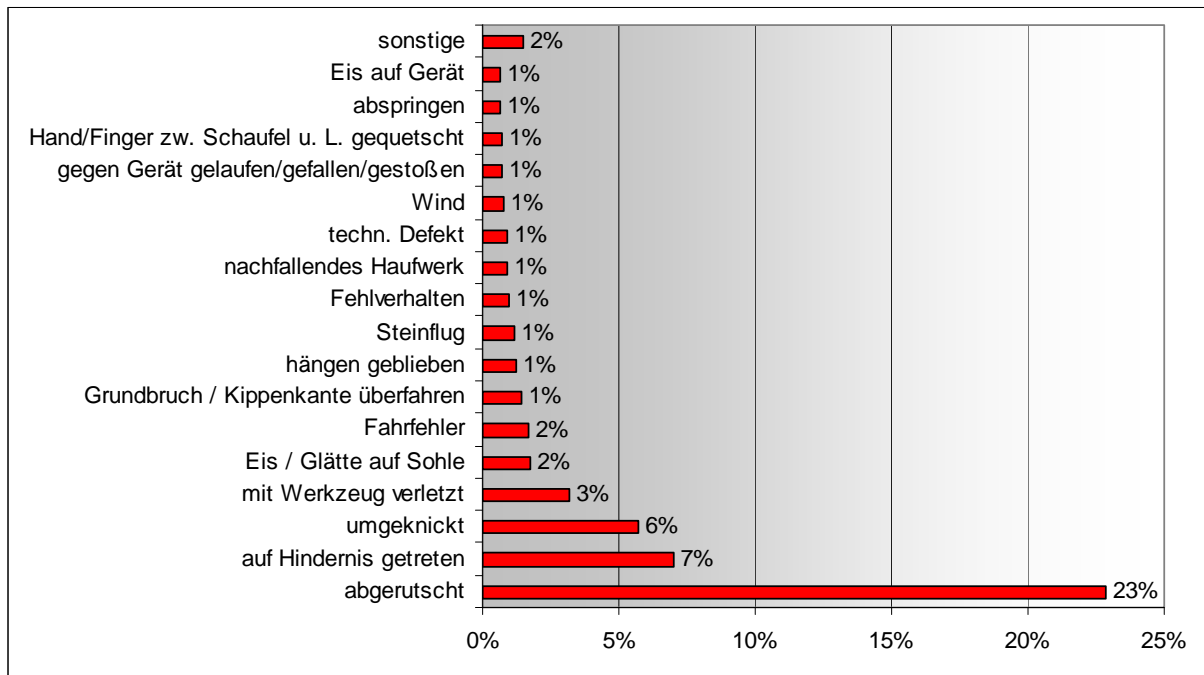


Abbildung 3-10: Prozentuale Verteilung der häufigsten Ursachen aller Unfälle

#### 3.4.4 Unfallursachen Aufstieg

Im nachfolgenden Diagramm sind die Ursachen für die insgesamt 521 Unfälle genauer ausgewertet, die sich bei der Benutzung des Aufstiegs ereignet haben. Hier fällt besonders auf, dass in etwa der Hälfte (48 %) aller Unfälle ein Abrutschen vom Aufstieg zum Unfall geführt hat. Weitere Unfallursache mit einem durchschnittlichen Anteil von 15 % sind Hindernisse auf der Sohle, auf die beim Absteigen vom Gerät getreten wird. In ähnlicher Höhe (durchschnittlich 12 %) führt das Umknicken mit dem Fuß beim Abstieg vom Gerät auf den Boden zum Unfall. Die übrigen Unfallursachen wie Abspringen, rutschiger Untergrund durch Nässe oder Eis, Eis auf dem Gerät oder technischer Defekt sowie Verschmutzungen spielen nur eine untergeordnete Rolle. Für die verbleibenden 15 % lässt sich die Ursache aufgrund mangelhafter Daten nicht genau festlegen.

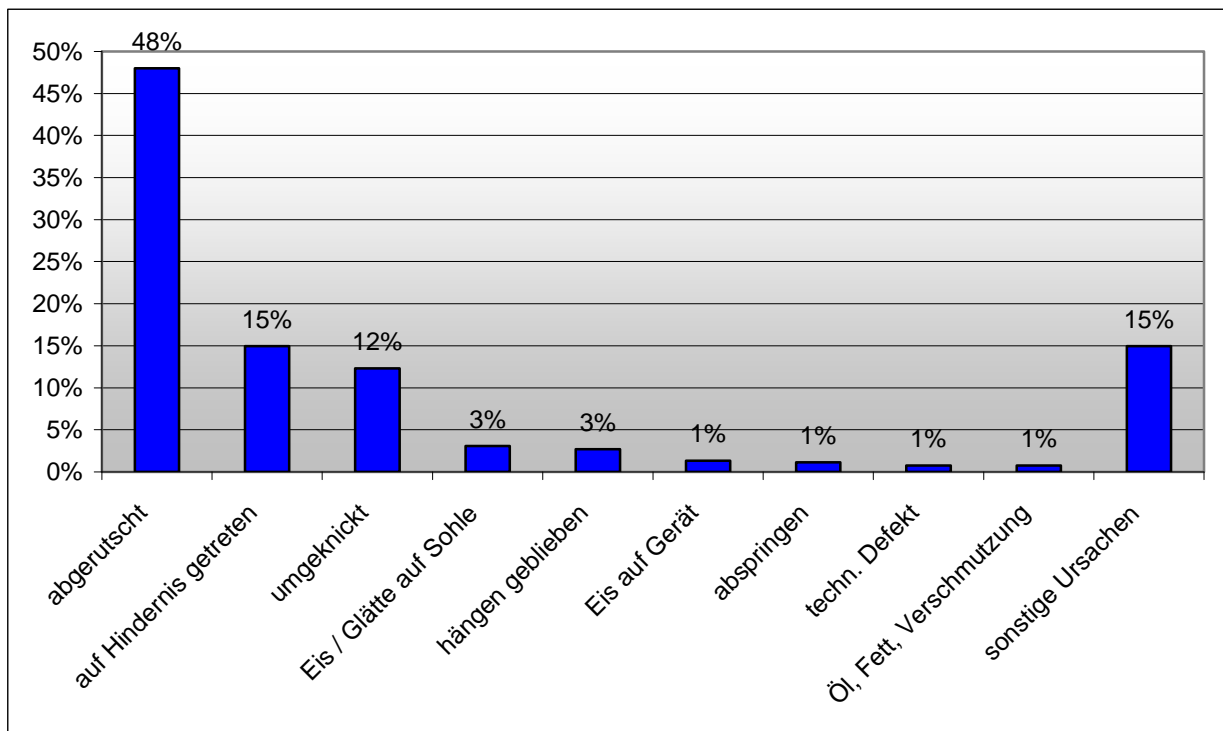


Abbildung 3-11: Unfallursachen bei der Benutzung des Aufstiegs



## **4 Auswertung der Unfallzahlen aus den USA**

Unter dem Aspekt der zunehmenden Globalisierung ist es sinnvoll, die Analyse des Unfallgeschehens mit Erdbaumaschinen nicht nur auf Deutschland zu beschränken. Dies lässt sich unter anderem dadurch begründen, dass wichtige Normen für die Konstruktion der Geräte auf Europaebene oder sogar international als ISO-Norm festgelegt werden. Auch haben sich die Hersteller von der Entwicklung ihrer Maschinen für den regionalen Markt getrennt, produzieren inzwischen länderübergreifend und bieten ihre Maschinen weltweit an. Insofern ist der Vergleich der Unfälle in Deutschland mit denen in anderen Industrienationen mit ähnlichen Sicherheitsstandards im Bereich der Arbeitssicherheit sinnvoll. Dies ermöglicht die Auswertung zusätzlicher Unfalldaten und führt damit zu einer besseren Beurteilung möglicher Unfallschwerpunkte. Im Gegensatz zu Deutschland ist in den USA eine höhere Anzahl mobiler Großgeräte im Einsatz, so dass auch dieser Maschinenbereich in der Gesamtbetrachtung statistisch ausreichend abgedeckt werden kann.

Für eine bessere Vergleichbarkeit wurden Unfälle mit Erdbaumaschinen in den USA aus demselben Zeitraum (2001 bis 2003) zur Analyse herangezogen.

Im Jahr 2003 waren im amerikanischen Bergbau insgesamt ca. 247.000 Personen beschäftigt. Davon entfielen 200.000 auf den Bereich der Gewinnung von Rohstoffen aller Art im Tagebau. Dies entspricht ca. einem Drittel mehr Beschäftigten als bei der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft versichert sind.

Das nachstehende Diagramm zeigt die Unfallentwicklung im Bereich des Bergbaus in den USA insgesamt. Rot dargestellt ist die Anzahl der Unfälle, die sich im Tagebau ereignet haben.

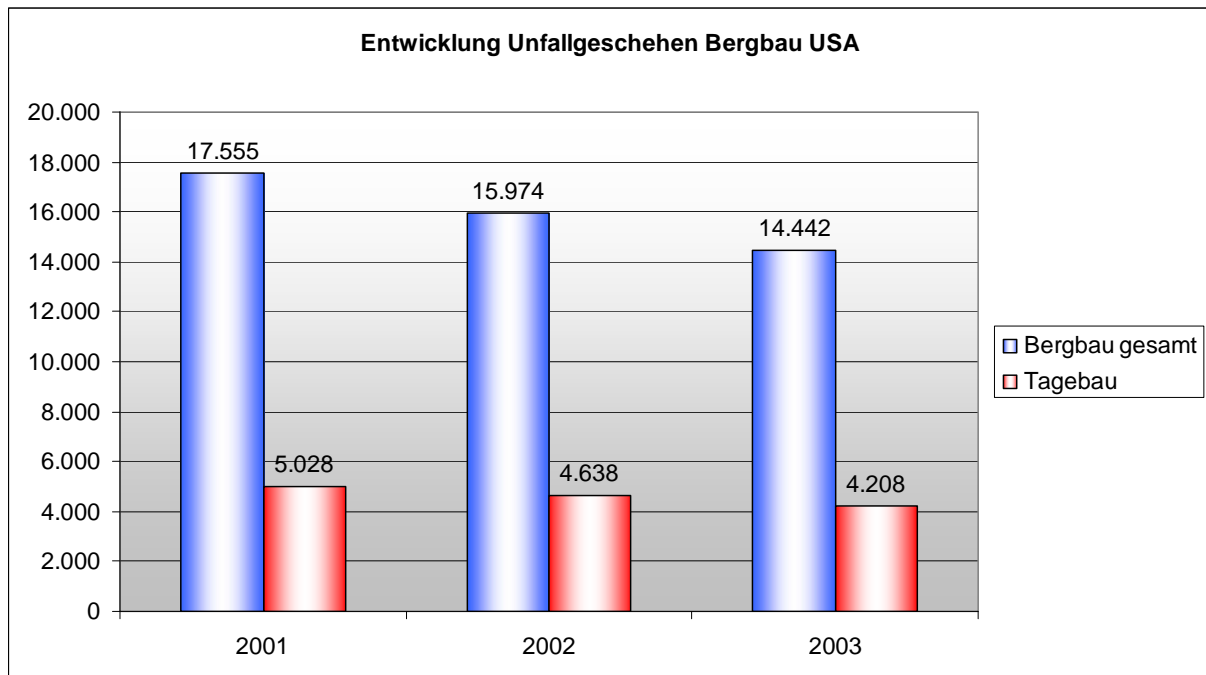


Abbildung 4-1: Entwicklung des Unfallgeschehens im US-amerikanischen Bergbau [2]

Insgesamt ist ein Rückgang der Unfälle von 17.555 im Jahr 2001 auf 14.442 Unfälle im Jahr 2003 zu verzeichnen. Dies entspricht einer Verringerung um 18 %. In der übertägigen Rohstoffgewinnung sinkt die Anzahl der Unfälle von 5.028 auf 4.208. Der Rückgang beträgt 17 %.

Auch bei der Betrachtung der Unfälle, die sich bei der Benutzung von Mobilgeräten ereignet haben, lässt sich insgesamt ein Rückgang der Unfälle mit mindestens einem Ausfalltag um 9,5 % feststellen. Die Anzahl der Unfälle ohne Ausfalltag hat sich im selben Zeitraum um ca. 15 % verringert. Dennoch liegt die Anzahl der Unfälle mit mindestens einem Ausfalltag ca. doppelt so hoch als die bei der Steinbruchs-BG gemeldeten Unfälle. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in den Daten aus den USA mehr Gerätetypen enthalten sind als in den deutschen Daten. So finden unter anderem auch Schaufelradbagger und Draglines in der Gruppe der Bagger Berücksichtigung. Die nachstehende Abbildung 4-2 zeigt die Anzahl der Unfälle bei der Benutzung von Erdbaumaschinen in den USA im Tagebau und der dazugehörigen Aufbereitung.

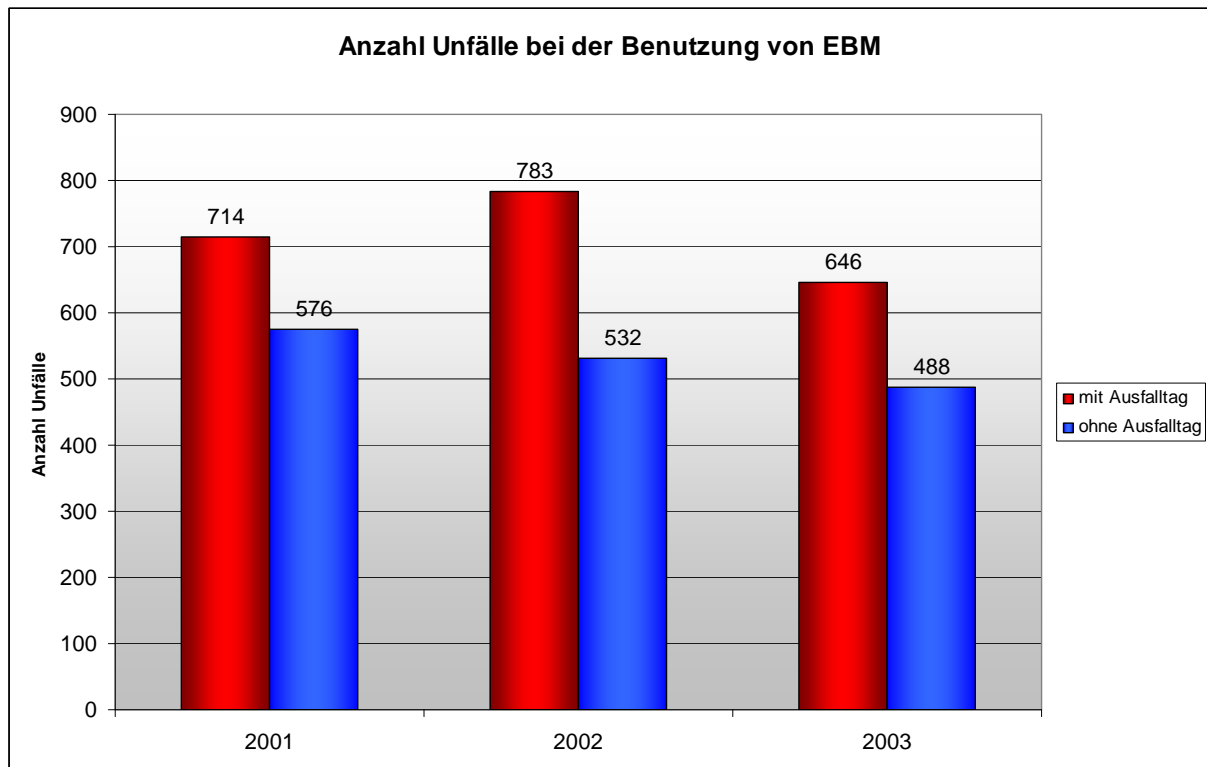


Abbildung 4-2: Entwicklung des Unfallgeschehens bei der Benutzung von Erdbaumaschinen in den USA, Bereich Tagebau und Aufbereitung

#### 4.1 Aufteilung der Unfälle mit mindestens einem Ausfalltag nach Geräteart

Im nächsten Schritt der Auswertung erfolgt die Einteilung in die Gerätegruppen. Die Gruppen sind mit denen aus Deutschland nicht direkt vergleichbar, da diese eine größere Anzahl von unterschiedlichen Gerätetypen enthalten. Im Gegensatz zu Deutschland haben sich im untersuchten Zeitraum die meisten Unfälle bei der Benutzung von SKW (haulage trucks ohne Zulassung für den Straßenverkehr) ereignet. Erst an zweiter Stelle sind die Radladerunfälle zu finden. An dritter Stelle sind die Planiergeräte zu nennen, bei denen aber davon auszugehen ist, dass sie zahlenmäßig häufiger in den US-Tagebauen vorkommen als in deutschen Betrieben. Am wenigsten Unfälle im Bereich der untersuchten Erdbaumaschinen haben sich in der Gruppe der Bagger ereignet. Einen noch geringeren Anteil am Unfallgeschehen haben die Bohrgeräte, die aber nicht unmittelbar der Gruppe der Erdbaumaschinen zugeordnet werden können, da es sich bei diesen nicht um Erdbewegungsmaschinen handelt. Die nachstehende Abbildung 4-3 verdeutlicht die Unfallanteile pro Geräteart in Abhängigkeit von den untersuchten Kalenderjahren.

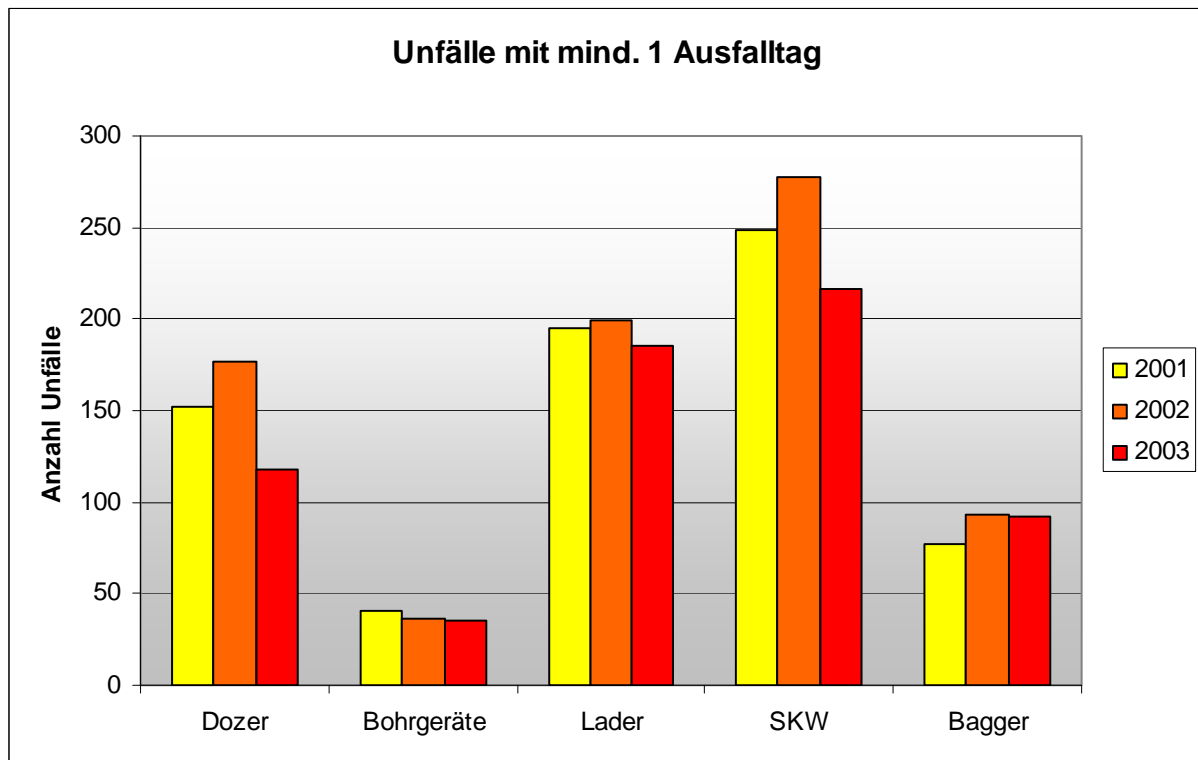


Abbildung 4-3: Unfallzahlen aufgeteilt nach Geräteart

Das nachstehende Diagramm (Abbildung 4-4) zeigt die Unfallverteilung nach Geräteart für den untersuchten Zeitraum. Dabei wurden nur Unfälle mit mindestens einem Ausfalltag berücksichtigt. Im Gegensatz zu den Zahlen aus Deutschland lassen sich der Gruppe der Radlader nicht die meisten Unfälle zuschreiben. Mit einem Anteil von fast 35 % treten die meisten Unfälle bei der Benutzung von SKW auf.

Bemerkenswert ist weiterhin der hohe Geräteanteil bei den Dozern. Eine mögliche Ursache dafür könnte sein, dass in den amerikanischen Betrieben Dozer erheblich häufiger zum Einsatz kommen als in deutschen Betrieben. Im Rahmen dieser Arbeit war es nicht möglich genaue Informationen über die Geräteverteilung in den amerikanischen Betrieben zu erhalten.

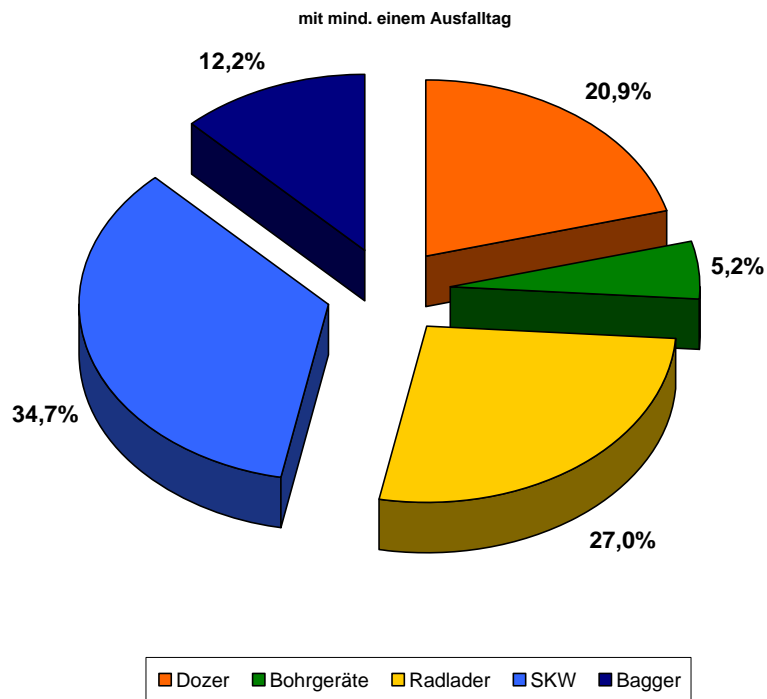


Abbildung 4-4: Unfallverteilung nach Geräteart für den Zeitraum 2001 bis 2003, USA

Nach der gerätespezifischen Zuordnung der Unfälle erfolgt als nächster Schritt der Analyse die Aufteilung in konstruktionsbedingte und betriebsbedingte Unfälle. Bei dieser Aufteilung wurden nur die Unfälle mit mindestens einem Ausfalltag im Bereich des Tagebaus betrachtet, um die Vergleichbarkeit mit den Daten der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft zu gewährleisten.

Bei der Aufteilung fällt auf, dass im Gegensatz zu den Daten aus Deutschland in den USA die betriebsbedingten Unfälle beim Einsatz von Erdbaumaschinen überwiegen. Sie tragen mit einem Anteil von 49 % zum Unfallgeschehen bei, die konstruktiv bedingten Unfälle nur mit 36 %. Die übrigen 15 % der Unfälle lassen sich in keine der beiden Gruppen einordnen. Es handelt sich dabei um Unfälle mit unklarem Unfallhergang oder solche Unfälle, bei denen der Geräteführer bei Arbeiten außerhalb seines Gerätes verletzt wurde. Diese Tätigkeiten standen weder in Zusammenhang mit der Wartung noch der Benutzung der Maschine. Ein Beispiel hierfür ist ein Unfall, bei dem der Geräteführer seine Maschine verlassen hat, um anderen Mitarbeitern bei anderen Arbeiten im Tagebau zu helfen und sich dabei verletzt hat.

Die Analyse der prozentualen Geräteanteile für die konstruktionsbedingten Unfälle ergibt ein ähnliches Bild wie die Zusammensetzung der betriebsbedingten Geräteanteile.

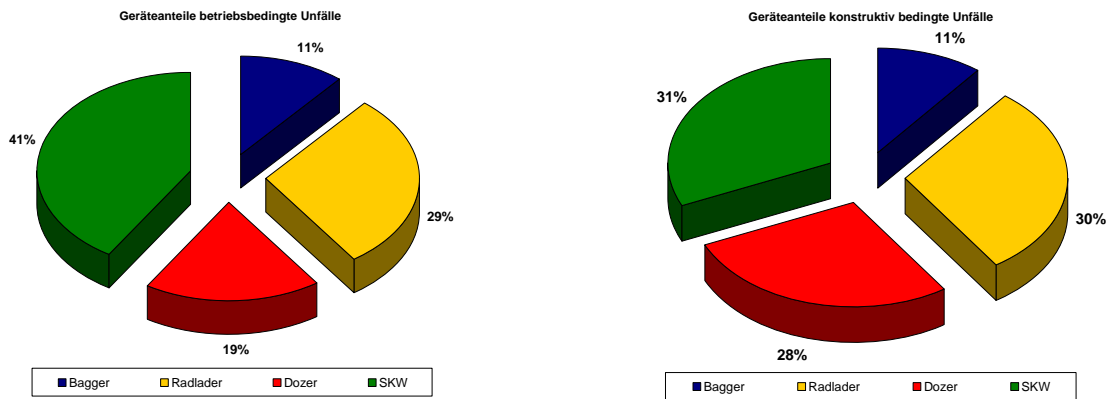


Abbildung 4-5: Gegenüberstellung der prozentualen Geräteanteile für das Merkmal „Konstruktion“ (links) und „Betrieb“ (rechts)

In der weiteren Auswertung der Daten erfolgt nun die Aufteilung in die jeweilige Konstruktions- bzw. Betriebskategorie analog zur Vorgehensweise bei der Analyse der deutschen Unfalldaten.

#### 4.1.1 Auswertung der konstruktionsbedingten Unfälle

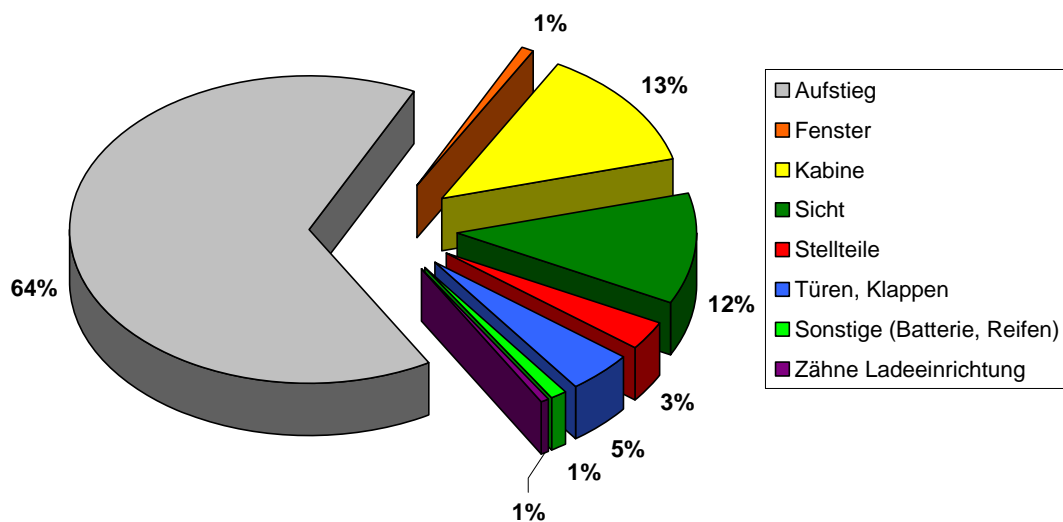


Abbildung 4-6: Unfallzahlen in Abhängigkeit von den Unfall verursachenden Bauteilen

Die Auswertung der konstruktiv bedingten Unfälle in den USA ergibt ein ähnliches Bild wie die Auswertung der deutschen Unfalldaten. Der Aufstieg stellt sich erneut als Unfallschwerpunkt heraus, auch wenn der absolute Anteil nur 64 % gegenüber 79 % bei den deutschen Daten beträgt. Unfälle, die in Zusammenhang mit der Benutzung der Kabine stehen, haben mit 13 % den zweithöchsten Anteil. Als Hauptursache für diese Unfälle ist mangelnde Ergonomie und Federung zu nennen, häufig auch in Zusammenhang mit dem Fahrersitz. Unfälle durch nicht ausreichende Sicht tragen mit 12 % zum Unfallgeschehen bei und liegen damit an dritthäufigster Stelle.

Bei den untersuchten Konstruktionsmerkmalen ereigneten sich die nachfolgend genannten Unfälle am häufigsten:

- **Aufstieg:** Abrutschen vom Aufstieg ist die Hauptunfallursache. Gründe dafür sind entweder Abrutschen vom Aufstieg oder aber eine ergonomisch nicht sinnvolle Anordnung bzw. Konstruktion der Haltegriffe und Stufen.
- **Fenster:** einzige Unfallursache ist hier das Klemmen der Finger beim Schließen der Fenster. Es handelt sich dabei immer um Schiebefenster.
- **Kabine:** häufigste Unfallursache sind Verletzungen des Fahrers hervorgerufen durch Erschütterungen der Maschine bei Fahr- und Ladebewegungen.
- **Sicht:** Die überwiegende Anzahl der Sichtunfälle resultiert aus Fahrbewegungen ohne ausreichende Sicht. Dabei kommt es zum Anprall an Hindernisse, Zusammenstoß mit anderen Fahrzeugen oder Überfahren von Böschungen und Kippenkanten sowie zur Verletzung von Dritten.
- **Stellteile:** Die Unfälle ereigneten sich hauptsächlich durch Aufprall oder Anprall der Hände bei Fahrbewegungen gegen die Steuereinrichtungen infolge Erschütterungen durch unebenen Untergrund. Eine weitere indirekte Unfallursache sind Unfälle, die aus dem unbeabsichtigten Bedienen der Stellteile resultieren.
- **Türen, Klappen:** unkontrolliertes Schließen von Türen und Klappen stellt die Hauptunfallursache dar. Gründe dafür sind nicht ausreichende Arretierung aber auch menschliches Versagen.
- **Zähne der Ladeeinrichtung:** Als häufigste Unfallursache ist hier der Zahnwechsel am Radlader zu nennen. Das Losschlagen mit dem Hammer führt dabei zu Absplitterungen von scharfkantigen Metallstücken, die den Mitarbeiter verletzen. Eine weitere Verletzungsursache sind scharfe Kanten an den verschlissenen Zähnen.

#### 4.1.2 Auswertung der betriebsbedingten Unfälle

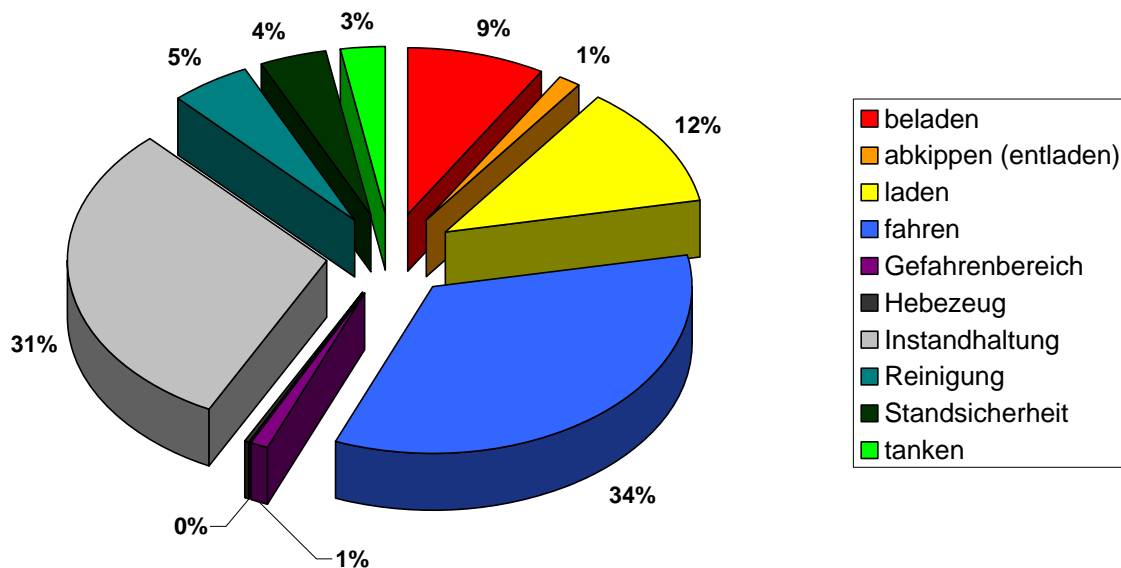


Abbildung 4-7: Prozentuale Verteilung der Unfälle für das Merkmal „Betrieb“

Die Auswertung der betriebsbedingten Unfälle in den USA ergibt ein verändertes Bild gegenüber den Daten der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft. Am häufigsten ereigneten sich Unfälle beim Fahren mit den Geräten. Der Anteil dafür beträgt 34 %. Erst an zweiter Stelle folgen Unfälle, die sich bei Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten ereignet haben. Mit einem Anteil von 12 % sind an dritter Stelle Unfälle zu nennen, die sich beim Laden mit dem Gerät ereignet haben. Eine Gesamtbetrachtung der Lade- und Entladevorgänge, zu denen das Laden, Beladen und Abkippen zu zählen ist, ergibt einen Unfallanteil von 22 %. Bei Belade-Unfällen wird überwiegend der Fahrer des zu beladenen Gerätes verletzt. Hauptursache hierfür sind Erschütterungen hervorgerufen durch Herabfallen grobstückigen Haufwerks (Knäpper) in die meist noch leere Lademulde des SKW. Teilweise kommt es aber auch zum Zusammenstoß von der Schaufel des Ladegerätes mit dem beladenen SKW.

Die verbleibenden Unfallursachen Gefahrenbereich, Hebezeug, Reinigung und Tanken weisen vergleichbare Anteile mit den Daten der Steinbruchs-BG auf.

Abschließend lässt sich festhalten, dass sich bei den untersuchten Unfällen mit mindestens einem Ausfalltag auch in den USA die meisten Unfälle bei der Benutzung des Aufstiegs ereignet haben. Aufstiegsunfälle tragen mit einem Gesamtanteil von 28 % (bei der Betrachtung von konstruktiv- und betriebsbedingten Unfällen) zum Unfallgeschehen bei. Die zweithäufigste



Unfallursache ist das Fahren mit den Geräten. Weniger unfallträchtig ist die Wartung und Instandhaltung.

Als häufigste Unfallursachen bei den jeweiligen Betriebsarten sind zu nennen:

- **Abkippen:** als Hauptursache sind Erschütterung des Fahrzeugs beim Abkippen zu nennen, die zum Teil durch anbackendes Ladegut verursacht werden
- **Beladen:** Zusammenstoß des Ladegerätes mit dem zu beladenen Gerät bzw. Erschütterung durch das in die meist noch leere Mulde fallende Haufwerk sind als Hauptursachen zu nennen
- **Laden:** häufig führt hier Überladung der Schaufel oder zu grobstückiges Haufwerk beim Radlader zum Unfall. Die Folge ist, dass das Gerät beim Aufnehmen des Haufwerks mit den Hinterrädern abhebt bzw. aus der Schaufel herabfallende Gesteinsbrocken zu starken Erschütterungen des Gerätes führen.
- **Fahren:** nicht angepasste Geschwindigkeit; Zusammenstoß mit Hindernissen.
- **Aufenthalt im Gefahrenbereich:** Dritte Personen, die sich entweder ohne an der Arbeit direkt beteiligt zu sein im Gefahrenbereich aufhalten oder aber als Einweiser fungieren, werden vom Gerät erfasst.
- **Hebezeug:** die angehobene Last fällt herunter oder dreht sich beim Anheben und erfasst dabei den Arbeitnehmer.
- **Instandhaltung:** durch den Einsatz von Werkzeug kommt es häufig zu Verletzungen unterschiedlichster Art.
- **Reinigung:** bei der Reinigung der Geräte sind Abrutschen und Absturz des Mitarbeiters die Hauptursache für Unfälle.
- **Standsicherheit:** nachgiebiger Untergrund führt zu schräg stehendem Gerät mit nachfolgendem Umsturz.
- **Tanken:** Ausrutschen und Abrutschen führen hierbei hauptsächlich zum Unfall.

#### 4.2 Auswertung der Unfälle ohne Ausfalltag

Die Auswertung der Unfalldaten aus den USA hat gezeigt, dass sich bei der Benutzung von Mobilgeräten pro Jahr ca. 500 Unfälle ohne Ausfalltag des verunfallten Mitarbeiters ereignen. Durch diese Unfälle sind zwar keine Ausfallzeiten der Mitarbeiter entstanden, dennoch haben sich bei diesen Unfällen Menschen verletzt und zum Teil sind Kosten durch Schäden an Betriebsmitteln hervorgerufen worden. Daher ist eine Untersuchung nach demselben Verfahrensablauf wie bei den Unfällen mit mindestens einem Ausfalltag geboten.

In den deutschen Betrieben ist die Auswertung dieser Unfälle nur erschwert möglich, da es sich nicht um meldepflichtige Vorfälle handelt. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird daher ein Fragebogen entwickelt, anhand dessen die Betriebe in Deutschland nach Beinaheunfällen bzw. Unfällen ohne Ausfalltag befragt werden.

Das Ergebnis der Auswertung der Unfälle ohne Ausfalltag (USA) für die konstruktiven Merkmale ist in Abbildung 4-8 dargestellt. Der Vergleich mit den Unfällen mit mindestens einem Ausfalltag ergibt ein sehr ähnliches Bild. Abweichungen ergeben sich bei den Konstruktionsmerkmalen „Aufstieg“, „Türen und Klappen“ sowie den Zähnen der Ladeeinrichtung. Bei den Aufstiegsunfällen ist eine Verringerung von 14 % gegenüber den Daten mit Ausfalltag festzustellen. Ein möglicher Grund dafür könnte sein, dass sich bei der Benutzung des Aufstiegs eher Unfälle mit einem höheren Verletzungsgrad ereignen. Umgekehrt lassen sich so aber auch die Steigerungen bei den Merkmalen „Türen und Klappen“ sowie „Zähne der Ladeeinrichtung“ erklären. Bei Umgang diesen Konstruktionsmerkmalen ereignen sich demnach eher Unfälle mit einem geringen Verletzungsgrad, die seltener zu Ausfalltagen führen.

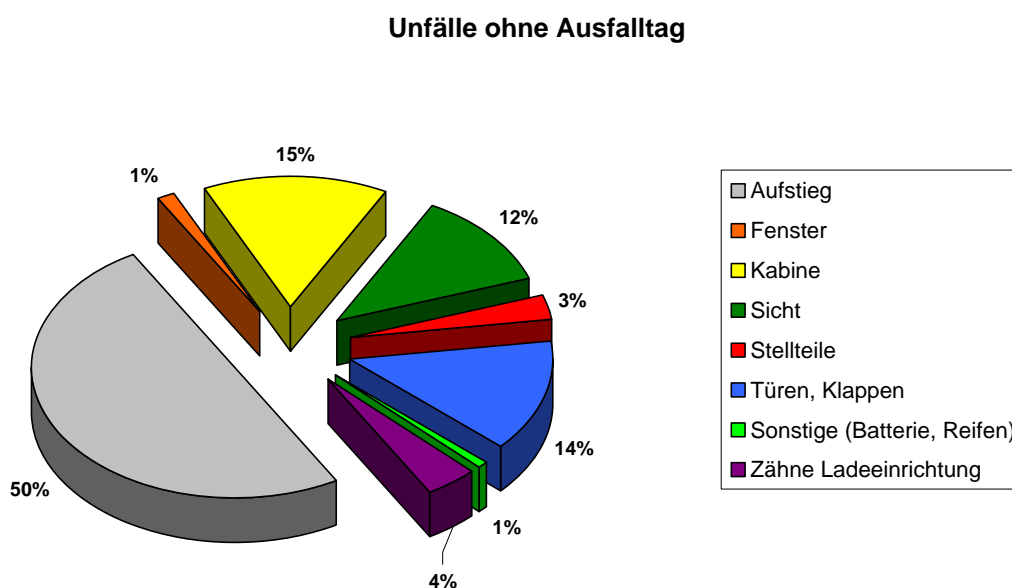


Abbildung 4-8: Prozentuale Anteile für das Merkmal „Konstruktion“ bei Unfällen ohne Ausfalltag

Das Diagramm in der Abbildung 4-9 zeigt das Ergebnis der Auswertung der betriebsbedingten Unfälle ohne Ausfalltag des Geräteführers, die sich bei der Benutzung von Erdbaumaschinen ereignet haben. Die Ergebnisse sind bis auf zwei Abweichungen nahezu identisch mit den

Daten von den Unfällen mit Ausfalltag. Es lässt sich feststellen, dass der Anteil der Unfälle im Bereich der Wartung und Instandhaltung um 11 % höher ist, als bei den Unfällen mit mindestens einem Ausfalltag. Im Gegenzug verringert sich der Anteil der Unfälle, die sich beim Fahren mit den Geräten ereignet haben, von 34 % auf 27 %.

Beim Merkmal „Instandhaltung“ lässt sich Steigerung der Unfallhäufigkeit auf den Umgang mit Werkzeug zurückführen. Dabei ereignen sich erfahrungsgemäß häufig Unfälle. Aus der Analyse geht hervor, dass es sich bei diesen Unfällen häufiger um leichte Unfälle ohne Ausfalltag handelt. Das Merkmal „Fahren“ zeigt den entgegen gesetzten Trend: Beim Fahren von Erdbaumaschinen ereignen sich eher Unfälle mit Ausfalltag, also Unfälle mit einem höheren Verletzungsgrad. Hierzu zählen unter anderem der Kontrollverlust über die Maschine aufgrund unangepasster Fahrweise sowie Verletzungen durch starke Erschütterungen, die ebenfalls häufig auf eine den Umgebungsbedingungen nicht angepasste Fahrweise zurückzuführen sind.

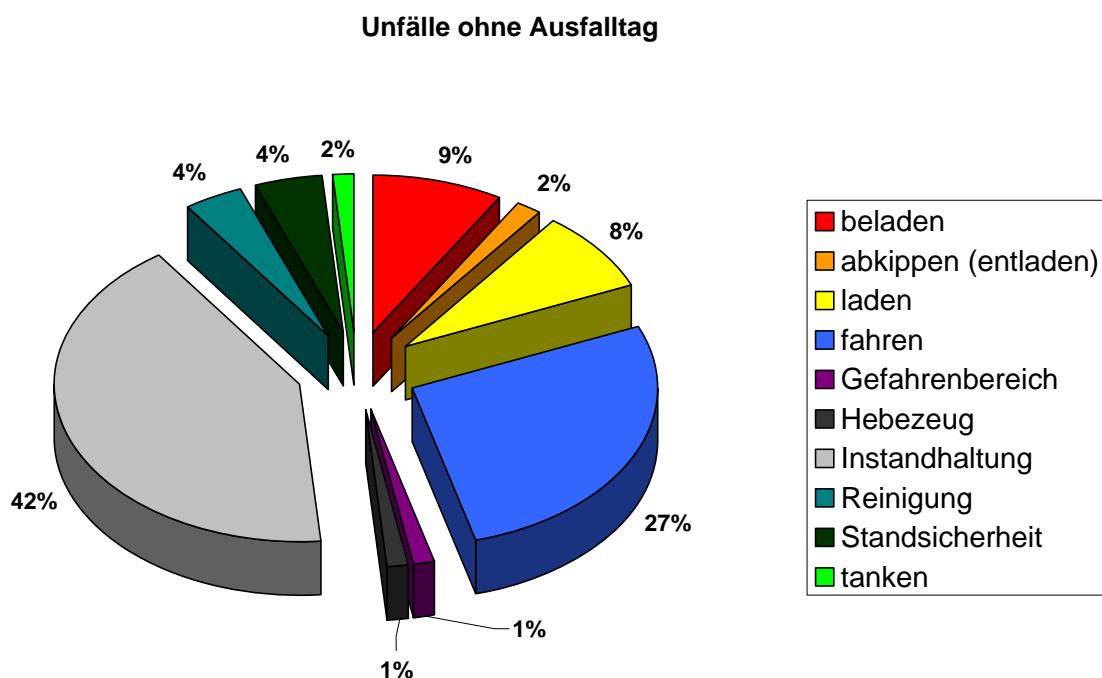


Abbildung 4-9: Prozentuale Anteile für das Merkmal „Betrieb“ bei Unfällen ohne Ausfalltag

Um die Unfallursachen für die Unfälle, die sich beim Fahren mit den Geräten ereignet haben, genauer betrachten zu können, erfolgt die Auswertung der Betriebserfahrung der verunfallten Mitarbeiter. Dazu werden alle Unfälle mit dem Merkmal „Fahren“ der Gerätetypen Radlader und SKW mit mindestens einem Ausfalltag aus den Unfalldaten selektiert. Zur weiteren Auswertung werden Klassen für die unterschiedliche Betriebserfahrung der Geräteführer gebildet. Die erste Klasse enthält alle Unfälle, bei denen der Mitarbeiter weniger als ein Jahr im

Betrieb tätig ist. Die zweite Klasse deckt den Bereich von mindestens einem Jahr bis fünf Jahre Betriebserfahrung ab. Jede weitere Klasse deckt jeweils 5 weitere Jahre ab. Das nachfolgende Diagramm zeigt das Ergebnis der Auswertung. Blau dargestellt sind die Ausfalltage der SKW-Geräteführer, orange die der Radladerfahrer.

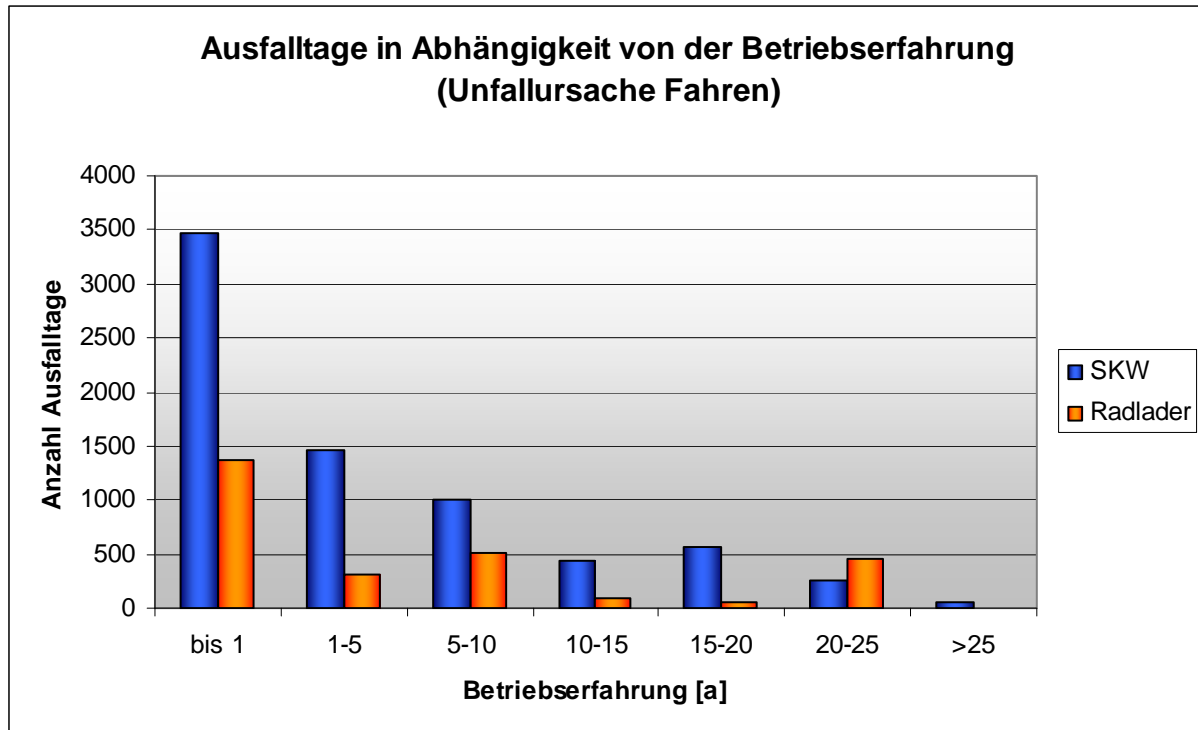


Abbildung 4-10: Ausfalltage durch „Fahren“ in Abhängigkeit von der Betriebserfahrung

Die Abbildung 4-10 zeigt eine deutliche Häufung der Ausfalltage bei den SKW-Fahrern, die über weniger als ein Jahr Betriebserfahrung verfügen. Bei den Radladerfahrern ist eine ähnliche Häufung zu erkennen. Daraus lässt sich erkennen, dass neuen Mitarbeitern in den Betrieben ausreichende Praxis und Erfahrung für das sichere Führen ihrer Geräte fehlt. Ursachen sind häufig das falsche Einschätzen von Geschwindigkeit und Straßenverhältnissen, was letztendlich zum Umsturz der Geräte oder zum Zusammenstoß mit Hindernissen oder anderen Fahrzeugen führt. Eine weitere Unfallursache ist die starke Erschütterung der Geräte, wenn mit an die Straßenverhältnisse nicht angepasster Geschwindigkeit gefahren wird.

Eine Betrachtung der Unfallhäufigkeit Abhängigkeit vom Lebensalter lässt bei beiden Gerätetypen ein Maximum in der Altersgruppe der 36 bis 40jährigen erkennen. Daher ist auszuschließen, dass es sich bei den Verunfallten um Anfänger im Straßenverkehr handelt. Sie sind also bereits viele Jahre mit dem Führen von Kraftfahrzeugen im Straßenverkehr vertraut. Eine Betrachtung der Verteilung der Ausfalltage auf die Altersgruppen ergibt ein nahezu

einheitliches Bild. Bei den SKW tritt das Maximum ebenfalls in der Altersgruppe der 36-40jährigen auf, bei den Radladern hingegen in der Altersgruppe der 41 bis 45jährigen.

Um die Unfallhäufigkeit beim Fahren mit den Geräten wirkungsvoll verringern zu können, ist insbesondere eine bessere Schulung der neuen Mitarbeiter erforderlich. Dazu gehört nicht nur die Einweisung in die Bedienung des Gerätes sondern auch das Üben der sicheren Beherrschung von Gefahrensituationen, wie sie z.B. beim beladenen Herabfahren auf Rampen und bei der Kurvenfahrt auftreten können.

#### 4.3 Auswertung der Unfallschwere und -Häufigkeit in Abhängigkeit von Lebensalter und Betriebserfahrung

Ausgehend von den Ergebnissen der Analyse der Fahrunfälle mit SKW und Radladern ergibt sich die Notwendigkeit der genaueren Betrachtung aller Unfälle auf mögliche Zusammenhänge zwischen Unfallhäufigkeit und -schwere in Abhängigkeit der Faktoren Lebensalter (Abbildung 4-11) und Betriebserfahrung (Abbildung 4-12). Dazu werden das Lebensalter und die Berufserfahrung in Klassen von jeweils 5 Jahren Breite eingeteilt. Auf der zweiten Achse erfolgt die Darstellung der Unfallanzahl (rot) für die jeweilige Klasse.

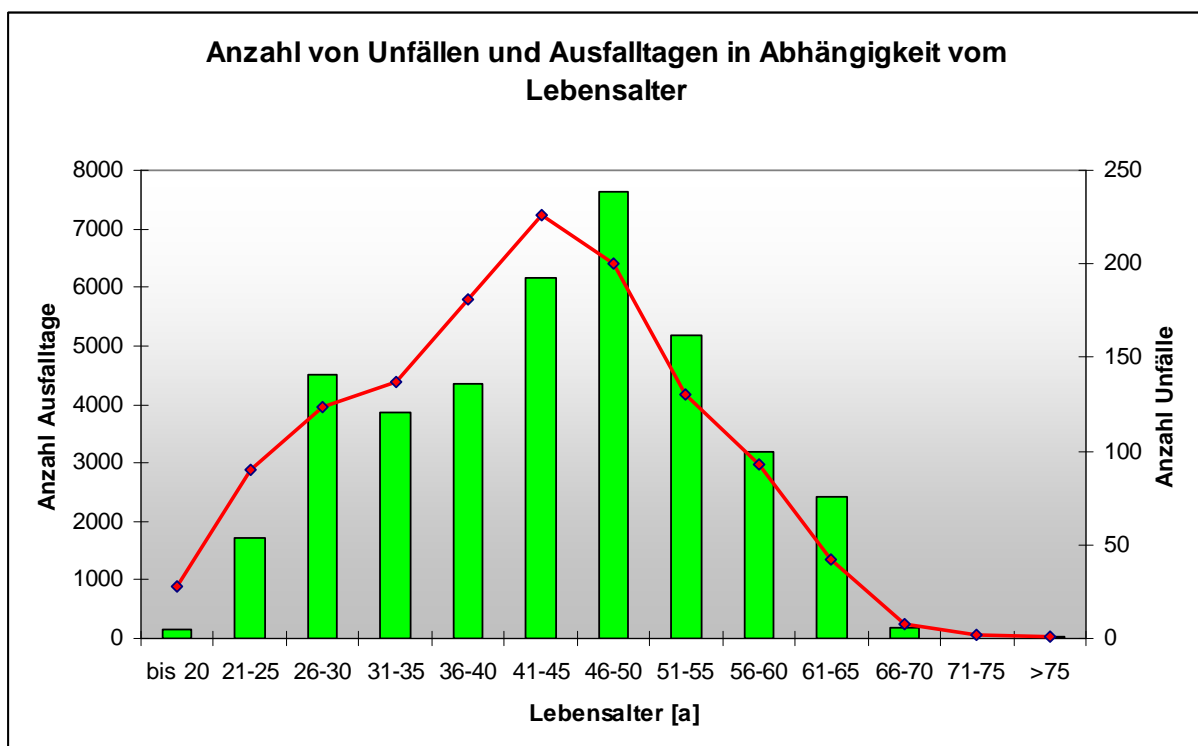


Abbildung 4-11: Darstellung der Unfallhäufigkeit (rot) und -schwere in Abhängigkeit vom Lebensalter

Vorstehende Abbildung zeigt das Ergebnis der Unfallauswertung in Abhängigkeit vom Lebensalter. Grundlage waren alle Unfälle aus dem Zeitraum 2001 bis 2003 mit mindestens einem Ausfalltag, die sich bei der Benutzung eines Mobilgerätes ereignet haben. Demnach ereignen sich die meisten Unfälle in der Altersgruppe der 41 bis 45jährigen Mitarbeiter. Die höchste Anzahl an Ausfalltagen tritt jedoch in der nächst höheren Altersgruppe der 46 bis 50jährigen auf. Leider liegen keine Daten über die Altersverteilung der Geräteführer in den Betrieben vor. Insofern lässt sich das Ergebnis nur schlecht bewerten. Es ist aber davon auszugehen, dass die Altersverteilung der Mitarbeiter eine ähnliche Kurve ergibt.

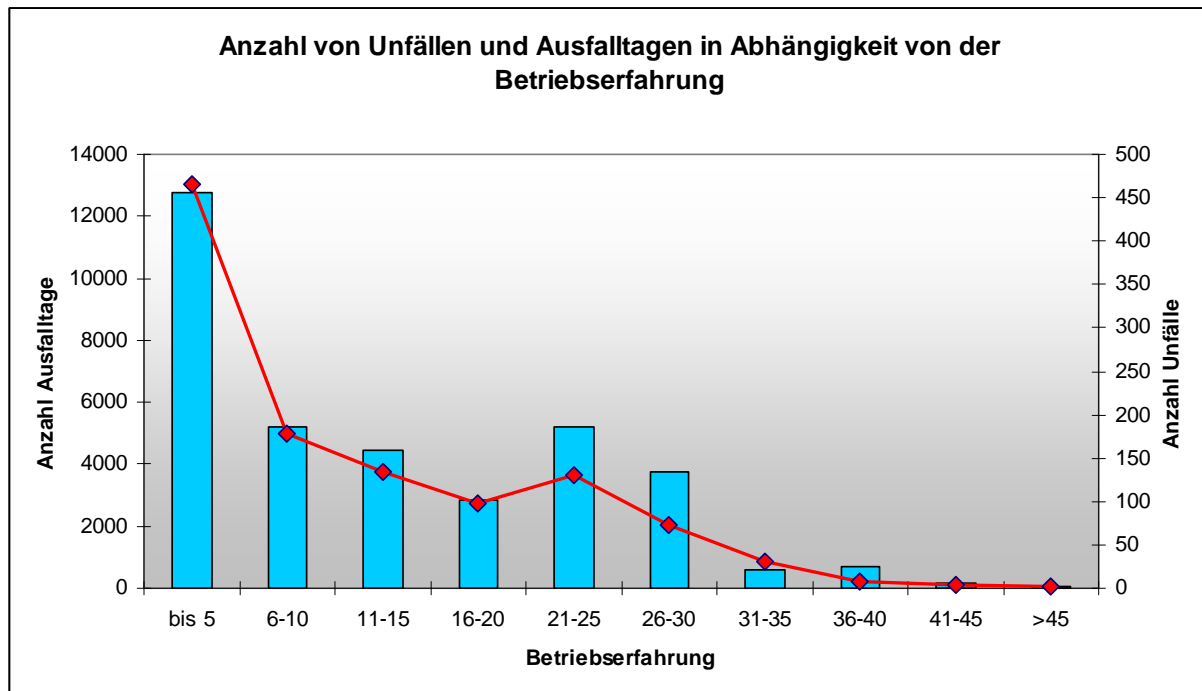


Abbildung 4-12: Darstellung der Unfallhäufigkeit (rot) und -schwere in Abhängigkeit von der Betriebserfahrung

Abbildung 4-12 zeigt das Ergebnis der Unfallauswertung in Abhängigkeit von der Betriebserfahrung. Dabei wird deutlich, dass sich am häufigsten Unfälle bei Geräteführern mit einer Betriebserfahrung von weniger als fünf Jahren ereignen. Die Unfallhäufigkeit in dieser Klasse ist mehr als dreimal so hoch als in der nächsten Klasse mit einer Betriebserfahrung zwischen 6 und 10 Jahren. Die Anzahl der Ausfalltage ist immerhin noch mehr als doppelt so hoch.

Ausgehend von der Annahme, dass in den letzten 5 Jahren nicht überdurchschnittlich viele neue Geräteführer in den Betrieben eingestellt wurden, lässt das Diagramm erkennen, dass eine erhebliche Unfallhäufung bei Erdbaumaschinenführern mit einer Betriebserfahrung von

weniger als 5 Jahren auftritt. Dieses Ergebnis deckt sich mit der Abbildung 4-10, bei der für das Merkmal „Fahren“ ebenfalls eine Unfallhäufung bei ungeübten Fahrern erkennbar ist. Es ist daher auszugehen, dass die Ausbildung neuer Geräteführer für die auftretenden Gefahren im Betrieb nicht ausreichend ist und diese im Hinblick auf die Verbesserung der Arbeitssicherheit optimiert werden muss.

## **5 Lösungsvorschläge für die sicherheitstechnische Konstruktion**

Im folgenden Kapitel werden Lösungsansätze für die sicherheitstechnischen Verbesserungen der Mobilgeräte bzw. deren Komponenten formuliert. Dabei werden die wesentlichsten und unfallträchtigsten Konstruktionsmerkmale einer Betrachtung unterzogen.

### **5.1 Aufstiege**

#### **5.1.1 Unfallanalyse**

Es ist davon auszugehen, dass die Erdbaumaschinen, die in Deutschland in Verkehr gebracht werden, den geltenden Normen entsprechen. Dennoch weist die Unfallstatistik aus, dass sich annähernd die Hälfte aller Unfälle mit Erdbaumaschinen innerhalb des Betrachtungszeitraumes beim Auf- und Absteigen ereignen. Gerade bei den Radladern, die beim Arbeitseinsatz im Gegensatz zu den Hydraulikbaggern nicht aus dem Stand arbeiten, sind die Aufstiege durch Verschmutzung und Hindernisberührung besonders im Hinblick auf Beschädigungen gefährdet. Diese Schäden werden vom Betreiber nur selten oder nicht ausreichend repariert und führen so zur Gefährdung des Fahrers. Ein weiteres Problem ist, dass andere als die vorgesehenen Aufstiegswege benutzt werden. Hierzu zählt auch das Betreten der Reifen, Radnaben und/oder Kotflügel. Gelegentlich führt auch das Abspringen vom Gerät, also die Nichtbenutzung der vorgesehenen Auf-/Abstiegshilfe, zum Unfall.

#### **5.1.2 Grundsätzliche Forderungen**

Bei der Benutzung des Aufstiegs muss es dem Fahrer möglich sein, sich mit beiden Händen an zwei unterschiedlichen Handgriffen festhalten und gleichzeitig auch mit beiden Füßen auf der Trittpläche stehen zu können. Letzteres ist erforderlich, wenn z.B. die Kabinentür des Geräts geöffnet wird oder Werkzeug auf das Gerät zu transportieren ist. Die Positionen der Haltegriffe sind dem Bewegungsablauf des Menschen anzupassen.

Bei der Konstruktion der Geräte sind die Kontroll- und Nachfüllöffnungen für die Betriebsflüssigkeiten nach Möglichkeit so anzuordnen, dass sie vom Boden aus erreichbar sind. Ansonsten sind geeignete, ausreichend sichere Zugangswege an und auf den Maschinen zu konstruieren.



Teile der Konstruktion können nur dann die Funktion des Aufstiegs übernehmen, wenn für sie die gleichen Anforderungen in Bezug auf Abmaße und Rutsicherheit gelten wie für die Aufstiege selber.

### 5.1.3 Lösungsvorschläge für die Konstruktion des Aufstiegs

Ein wichtiges Konstruktionsmerkmal ist der Abstand vom Boden bis zur ersten Stufe. Eine international einheitliche Regelung existiert nicht. Die folgende Tabelle zeigt die unterschiedlichen maximal zulässigen Aufstiegshöhen verschiedener deutscher und internationaler Sicherheitsbestimmungen und Normen.

ISO 2867:1994 Erdbaumaschinen - Zugänge	700 mm
VBG 40 - UVV Erdbaumaschinen (1997)	650 mm
BGV D29 - UVV Fahrzeuge (1997)	650 mm

Tabelle 2: Übersicht maximal zulässiger Aufstiegshöhen [7]

Nach ergonomischen Gesichtspunkten sollte die Aufstiegshöhe vom Boden bis zur ersten Stufe nicht mehr als 550 mm betragen, wobei eine Aufstiegshöhe von maximal 400 mm als besonders sicher gilt.

Um die Unfallgefahr bei den Aufstiegen zu verringern, sind folgende Verbesserungen bei der Konstruktion erforderlich:

Bei allen Erdbaumaschinen darf die Aufstiegshöhe vom Boden bis zur ersten Stufe maximal 550 mm betragen.

Bei Radladern ist die unterste Stufe flexibel mit Gewebegurt am Aufstieg zu befestigen, um ein Abreißen bei Hindernisberührung zu vermeiden. Gleichzeitig darf die Stufe aber nur seitlich beweglich sein, in senkrechter Richtung muss die Konstruktion so steif sein, dass die Stufe nicht durchschwingen kann und zu Verletzungen des Schienbeines führt. Am Aufstieg darf nur die unterste Stufe flexibel ausgeführt sein.

Bei Baggern mit Kettenfahrwerk besteht die Möglichkeit, den Aufstieg als Treppe zwischen den Fahrwerken zu konstruieren. Zum Auf- und Abstieg wird der Oberwagen quer zum Fahrwerk gestellt.

Die Tiefe der Trittfläche sollte mindestens 60 mm betragen und rutschhemmend ausgeführt sein. Der Aufstieg ist vor übermäßiger Verschmutzung, die durch die Fahrbewegung des Gerätes hervorgerufen werden kann, durch geeignete Konstruktion der Kotflügel zu schützen. Aufstiege aus Rundstäben sind unsicher und daher unzulässig.

Die seitlichen Enden der Trittflächen sind durch ca. 5 cm hohe Fußleisten oder ähnliche Konstruktionen zu begrenzen, um ein seitliches Abrutschen der Füße zu verhindern.

Die Aufstiege sollten nach Möglichkeit so gestaltet werden, dass die Stufen nicht senkrecht übereinander angebracht sind sondern quer zum Fahrzeug versetzt. Die sich dadurch ergebende Neigung des Aufstiegs sollte 75° nicht überschreiten. Der Fahrer kann dadurch alle Stufen einsehen und muss sie nicht ertasten.

Der Durchmesser für Griffe sollte im Bereich von 25 - 30 mm liegen. Die bisherige Norm setzt einen Basiswert von 25 mm und einen minimalen Durchmesser von 16 mm voraus.

Das Handfreimaß ist momentan mit mindestens 75 mm festgelegt. Dieser Wert kann, wie im Entwurf zur ISO 2867:2003 schon geschehen, auf 50 mm verringert werden. Dadurch wird die Anordnung der Griffe erleichtert.

Haltegriffe an Aufstiegen sollten möglichst senkrecht angeordnet und durchgehend ausgeführt werden, damit ein Umgreifen z.B. an Querstreben vermieden wird. Die Oberfläche sollte möglichst griffig ausgeführt sein, da ein Abrutschen von den Haltegriffen häufig vorkommt, insbesondere bei Nässe.

Die Anordnung von Haltegriffen für den Aufstieg an Türen oder sonstigen beweglichen Teilen ist zu vermeiden.

Eine besonders vorbildliche Konstruktion des Aufstiegs für Radlader ist von der Firma Anneliese Zementwerke AG entwickelt worden, bei der eine während der Fahrt senkrecht angebrachte Leiter ausgeklappt werden kann. Dadurch entsteht ein Treppenaufgang mit ca. 75° Neigung und einem Abstand der untersten Stufe vom Boden von ca. 30 cm. Diese Konstruktion ist mit dem Sonderpreis Arbeit - Sicherheit - Gesundheit 1997 der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft ausgezeichnet worden.

Verkehrsflächen auf dem Gerät für die tägliche Wartung und Reinigung müssen sicher erreichbar, ausreichend groß und rutschsicher sein. Bei der Konstruktion der Maschinen ist auch zu berücksichtigen, dass die Verglasung auch von außen für Reinigungsarbeiten sicher zugänglich ist und entsprechend erforderliche sichere Standflächen vorhanden sind. Gerade bei

diesen Arbeiten kommt es häufig zum Abrutschen des Fahrers vom Gerät. Befindet sich die Fläche in einer Höhe von mehr als 2m über dem Erdboden, müssen Geländer angebracht sein. Die Norm fordert erst ab 3m Höhe ein Geländer, was aber nicht akzeptiert werden kann. Einige Betriebe haben ihre Geräte bereits mit Geländern nachgerüstet (StBG-Förderpreisvorschlag: Schutz durch Geländer auf dem Oberwagen).

Die nachstehende Abbildung 5-1 zeigt einen nach dem Stand der Technik häufig vorzufindenden Aufstieg mit unterschiedlich versetzt angeordneten Stufen und Geländer, aber ungleichmäßigen Neigung des Aufstiegs. Die Anordnung der Tür entspricht dem Stand der Technik, ist aber nicht optimal.

Die Abbildung 5-2 zeigt einen besonders sicheren Aufstieg für Radlader in Form einer Treppe mit beidseitigem Geländer, bei der die unteren vier Stufen fast bis auf den Boden heruntergeklappt werden können.



Abbildung 5-1: Aufstieg Radlader mit versetzten, griffigen Stufen und Geländer



Abbildung 5-2: Besonders sicherer Aufstieg mit klappbarer Leiter (Hedweld, Australien) [10]

## 5.2 Kabine

### 5.2.1 Unfallanalyse

Aus der Unfallstatistik geht hervor, dass der Anteil der konstruktionsbedingten Unfälle im Zusammenhang mit der Kabine zwischen 2 % bei Hydraulikbaggern und 8 % bei den Planiergeräten (Raupen) liegt. Der Unfallanteil bei Radladern beträgt 1 %, bei Muldenkippern 4 %.

Die Verletzungen werden überwiegend durch Anstoßen mit dem Kopf gegen Teile der Kabine bei Fahrbewegungen der Maschine hervorgerufen. Deshalb ist es auch nicht verwunderlich, dass der Anteil dieser Unfälle bei den Hydraulikbaggern gering ist, da diese Geräte überwiegend ohne Verfahrbewegung betrieben werden. Der niedrige Prozentsatz von 1 % bei den Radladern ergibt sich aufgrund der Häufigkeit der Unfälle in Verbindung mit den übrigen Konstruktionselementen und aus einer evtl. höher liegenden Anschnallquote. Die absolute

Anzahl der Unfälle in Zusammenhang mit der Kabine ist jedoch beim Hydraulikbagger und den Radladern identisch.

Ursachen für die starken Erschütterungen der Maschine sind Hindernisse auf der Sohle, gegen die beim Schieben oder planieren gefahren wird, unebene Fahrwege sowie Anheben von zu schweren Gegenständen bzw. Materialien. Eine weitere Ursache sind zu geringe Kabinenmaße, die dazu führen, dass der Fahrer beim Einsteigen oder während der Fahrt an Kabinenteile anstößt.

### **5.2.2 Grundsätzliche Forderungen**

Bei der Gestaltung von Kabinen ist immer von der ungünstigsten Größe des Fahrers auszugehen. So ist bei der Dimensionierung der Kabine ein großer Maschinenführer anzunehmen, hingegen müssen alle zum Betrieb notwendigen Teile auch von kleinen Menschen erreicht werden können.

Die Anforderungen an die Gestaltung der Kabine sollte nicht anhand der Motorisierung der Erdbaumaschine festgelegt werden. Hier ist eine einheitliche Regelung erforderlich, wie z.B. eine Einteilung in kompakte Erdbaumaschinen und übrige Maschinen. Dies ist bereits im Entwurf zur EN 474:2001 berücksichtigt.

Beim Überrollschutz ist eine einheitliche Regelung wie in Nordamerika wünschenswert: In kanadischen und amerikanischen Verordnungen zur Sicherheit bei Mobilgeräten ist keine Leistungsbeschränkung vorhanden (diese könnte in der EN 474 allerdings auch gestrichen werden, da im Prinzip alle Geräte über eine Motorleistung von mehr als den geforderten 15 kW verfügen). Als untere Gewichtsgrenze sind in der kanadischen OHSR 700 kg angegeben, im Title 30 des COFR 7.000 kg. Außerdem ist ein ROPS nach diesen Regelungen auch an Traktoren, Wasserwagen, Bodenentleerern und skid-steer-Ladern anzubringen bzw. an allen Fahrzeugen mit aufsitzendem Fahrer bei denen Umsturzgefahr besteht.

Das Anlegen des Sicherheitsgurts sollte bei Maschinen, die mit ROPS ausgestattet sind, durch technische Lösungen erzwungen werden, beispielsweise durch die Blockierung des Getriebes bei Nichtanlegen des Gurts oder Ertönen eines Warnsignals. Dadurch könnten Personenschäden durch Anstoßen gegen die Kabine wenigstens in Fahrtrichtung vermieden werden.

### 5.2.3 Lösungsvorschläge für die Konstruktion der Kabine

Alle Erdbaumaschinen sollten nach Möglichkeit mit einem Rückhaltegurt für den Fahrer versehen werden. In der kanadischen Richtlinie ist die Verwendung eines Sicherheitsgurts vorgesehen, wenn dieser zur verbesserten Sicherheit des Geräteführers beiträgt.

Die derzeitigen Mindestmaße für Fahrerkabinen in Abhängigkeit von der Motorisierung sind zu vergrößern und auf ein einheitliches Maß festzulegen. Die nachfolgende Tabelle zeigt die derzeit maßgeblichen Körpermaße für einen großen Maschinenführer (95. Percentil).

Land	Sitzhöhe ab SIP	Ellenbogenbreite
EN 474	920 - 1050	450 - 550
USA	990	500

Tabelle 3: Kabinenmaße Erdbaumaschinen

Die Breite der Kabinen sollte mindestens 920 mm betragen, bei Kompaktmaschinen ist eine Minderung auf 650 mm zulässig.

Die oben genannten 650 mm für Kompaktmaschinen berücksichtigen aber keinen ausreichenden Sicherheitsabstand zur Kabinenwand. Die erforderliche Breite beläuft sich hier auf 750 mm, die sich zusammensetzt aus der mittleren Ellenbogenbreite von 500 mm, 20 mm Kleidungsdicke und einem Sicherheitsabstand auf beiden Seiten von 115 mm.

Bei der Konstruktion der Kabinen von Erdbaumaschinen sind folgende Änderungen notwendig:

Die Kabine muss eine Innenraumhöhe von mindestens 1m aufweisen, gemessen ab dem Sitz-Index-Bezugspunkt (SIP; nach ISO 3411). Dieses Maß ist auch dann einzuhalten, wenn, wie bei kleineren Maschinen üblich, die Front- oder Heckscheibe unter das Kabinendach hochgeklappt wird.

Die Kabineninnenbreite sollte bei Kompaktmaschinen mindestens 750 mm betragen, bei allen anderen mindestens 920 mm.

Die Fahrersitze neuer Maschinen sollten generell mit einem 3-Punkt Rückhaltegurt ausgestattet sein, der für eine optimale Verwendung höhenverstellbar ist. Der Gurt sollte in den Fahrersitz integriert sein, um Relativbewegungen zwischen Gurt und Fahrer zu vermeiden. Weiterhin sollte eine elektronische Sperrung des Getriebes vorgenommen werden, wenn der

Fahrer nicht angeschnallt ist. Aus Praxiserfahrungen ist zwar bekannt, dass die Fahrer teilweise den Gurt in das Gurtschloss stecken und sich dann auf den Gurt setzen um das Anlegen des Gurtes zu umgehen. Eine Maßnahme dagegen wäre die Verwendung eines gut sichtbaren Gurtmaterials, so dass von außen bereits das Fahren ohne angelegten Sicherheitsgurt erkennbar wäre.

Sinnvoll ist auch eine Sensibilisierung des Fahrers für das hohe Gefahrenpotential, welches bereits aus dem unangeschnallten Fahren bei geringen Geschwindigkeiten resultiert. Zur Schulung könnten daher in den Betrieben ein Überschlagssimulator bzw. ein Gurtschlitten kommen, bei dem die Testperson mit einer Geschwindigkeit von weniger als 8 km/h angeschnallt gegen ein Hindernis fährt. Durch den Einsatz dieser beiden Simulatoren werden den Fahrern sehr anschaulich die auf den Körper einwirkenden Kräfte bei Frontalaufprall oder Umsturz verdeutlicht.

### **5.3 Türen, Fenster, Klappen**

Türen, Fenster und Klappen sind bewegliche Elemente, die zum Verschließen von Öffnungen an den Geräten dienen.

Sicherheitsanforderungen an diese Elemente bestehen laut der EN 474 bzw. VBG 40 nur wie folgt:

„Die Türen und Fenster müssen durch eine geeignete Einrichtung in geöffneter und/oder geschlossener Stellung gehalten werden. Verglasungen müssen aus Sicherheitsglas bestehen.“

Über Klappen wird nichts ausgesagt. In der Norm sind aber noch Angaben zu trennenden Schutzeinrichtungen und Abdeckungen formuliert, aus denen hervorgeht, dass ein Öffnen und Schließen leicht und gefahrlos möglich sein muss. Weiterhin müssen die Teile im geöffneten Zustand durch eine Arretierung bis zu Windgeschwindigkeiten von 8 m/s (Windstärke 4) sicher gehalten werden können. Im Entwurf zur EN 474 ist festgelegt, dass die Arretierung durch Formschluss zu erfolgen hat. Kraftschlüssige Halterungen sind nicht mehr zulässig.

#### **5.3.1 Gefährdungsanalyse**

Die Anzahl der Unfälle mit Türen beträgt im Untersuchungszeitraum insgesamt 36. Sie teilen sich wie folgt auf die einzelnen Gerätegruppen auf:

Radlader 7 % (15 Unfälle), Hydraulikbagger: 4 % (13 Unfälle), Muldenkipper: 11 % (8 Unfälle), Raupen und Sonstige je 0 %.

Die Betrachtung der Unfallzahlen pro Gerätetyp zeigt, dass bei Radladern trotz einem Anteil von nur 7 % an den konstruktionsbedingten Unfällen an Türen die meisten Verletzungen auftreten. Hauptsächlich werden Verletzungen an der Hand oder den Fingern durch unkontrolliertes Zuschlagen der Türen hervorgerufen. Dies ist zum einen durch die Fahrbewegung dieser Geräte begründet, zum anderen aber auch dadurch, dass diese Geräte durch den Arbeitsablauf bedingt bei der Benutzung häufiger verlassen werden müssen. Weitere Gründe sind eine nicht ausreichende Sicherung der Türen in geöffnetem Zustand, insbesondere bei Wind, der auf den Freiflächen im Tagebau häufig auch mit einer Windstärke über 8 m/s auftritt.

Ein weiterer Gefahrenpunkt bei der Kabinentür ist der Türanschlag und die Öffnungsrichtung in Verbindung mit dem Aufstieg. Bei einigen Geräten schwenkt die Tür direkt auf den Fahrer zu, der sich dann auf der Aufstiegsleiter stehend und mit einer Hand am Haltegriff festhaltend noch nach hinten wegbeugen muss um die Tür öffnen zu können. Andere Geräte verfügen über keine ausreichend große Standfläche neben der Kabinentür um diese von dort sicher zu öffnen. Beim Schließen der Kabinentür kann es ferner dazu kommen, dass dem Fahrer Staub und Sand vom Trittbrett vor der Kabine in die Augen geweht wird.

Die Anzahl der Unfälle mit Fenstern oder Klappen beträgt insgesamt 16. Der prozentuale Anteil an den konstruktionsbedingten Unfällen liegt im Bereich von 1 % (für Radlader) bis 8 % (bei Planiergeräten) (Bagger 4 %, SKW 5 %).

Hauptunfallursache bei den Klappen ist eine nicht ausreichende Sicherung im geöffneten Zustand. Dadurch kommt es zum unkontrollierten Schließen, bei dem der Arbeitnehmer von der Klappe verletzt werden kann. Im Bereich der Fenster sind im gesamten Zeitraum nur 2 Unfälle zu verzeichnen. Hier haben sich die Arbeitnehmer beim Schließen der Fenster die Finger geklemmt.

### **5.3.2 Lösungsvorschläge für die Konstruktion der Türen, Fenster und Klappen**

Die Türen müssen in geöffnetem Zustand formschlüssig gegen Zuschlagen gesichert werden können und dürfen sich nicht selbständig wieder lösen (mechanische Arretierungsvorrichtung).



Haltegriffe, die beim Aufstieg benutzt werden, sollten sich nicht an Türen bzw. beweglichen Konstruktionsteilen befinden.

Türen müssen am Gerät so angeschlagen werden, dass sie beim Öffnen den auf dem Aufstieg stehenden Mitarbeiter nicht behindern. Der Mitarbeiter muss während des Öffnens der Tür einen sicheren Stand auf dem Aufstieg haben bzw. auf einem Podest neben der Kabine stehen können.

## **5.4 Sicht**

Laut der EN 474 muss der Fahrerplatz so beschaffen und angeordnet sein, dass der Fahrer ausreichend Sicht über den Fahr- und Arbeitsbereich der Maschine hat. Dies sagt aus, dass der Fahrer die wesentlichen Vorgänge im Arbeitsbereich wahrnehmen kann, wie z.B. den Aufenthalt von Personen im Gefahrenbereich oder Annäherung von anderen Fahrzeugen. Diese Forderung ist für den Einsatz der Geräte unabdingbar, führt aber insbesondere bei größeren Maschinen zu Problemen, da z.B. ein Schutz der Kabine mit ROPS oder aber die größeren Geräteabmessungen zwangsweise nicht einsehbare Bereiche im Umfeld der Maschine erzeugen. [6]

### **5.4.1 Gefährdungsanalyse**

Insgesamt haben sich 18 Unfälle im Betrachtungszeitraum ereignet, die auf die Unfallursache „Sichteinschränkung“ zurückgeführt werden können. Mit insgesamt 7 Unfällen (2 %) ist die Anzahl der sichtbedingten Unfälle mit Radladern am größten, bei Baggern beträgt der Anteil 3 % (6 Unfälle), SKW sind mit 4 Unfällen beteiligt (5 %), Planiergeräte mit nur einem Unfall (4 %).

Im nachfolgenden Diagramm ist der prozentuale Anteil der Unfälle pro Gerät dargestellt, aufgeschlüsselt in drei Gruppen:

- Unfälle mit Verletzung des Fahrers (blau)
- Unfälle mit Verletzung anderer Personen (gelb)
- Unfälle mit tödlicher Verletzung anderer Personen (rot)

Die errechneten Prozente stellen den Geräteanteil an den Unfällen durch nicht ausreichende Sicht dar. Die Summe der Diagrammwerte beträgt demnach 100 % und ist nicht wie oben in Abhängigkeit aller Unfälle mit dem jeweiligen Gerät dargestellt.

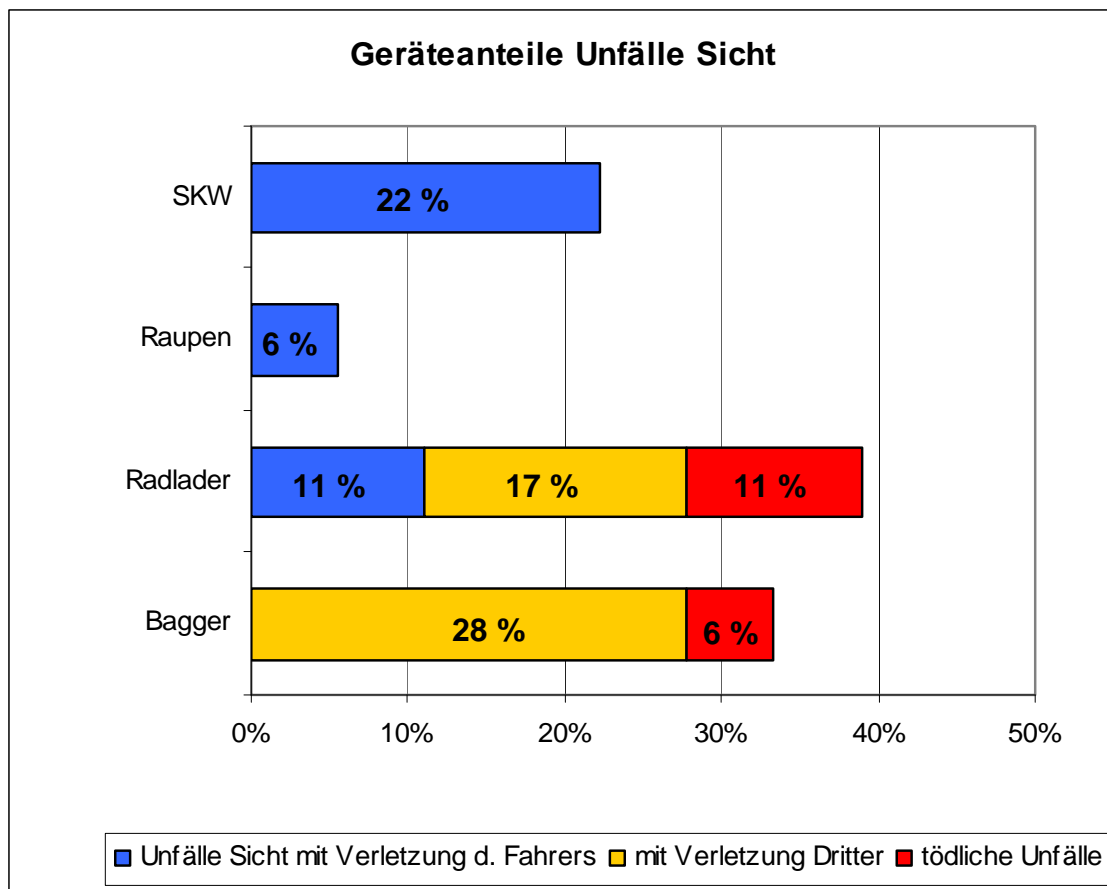


Abbildung 5-3: Unfälle durch nicht ausreichende Sicht, dargestellt als Gerätegruppenanteil

Die Unfälle ereignen sich bei den Ladern hauptsächlich durch Rückwärtsfahren ohne ausreichende Sicht. Dabei werden Personen erfasst oder es kommt zum Anprall an Gegenstände oder Fahrzeuge.

Bei den Baggern sind die Unfälle durch folgende Bewegungen zu gleichen Teilen hervorgerufen worden:

- Rückwärtsfahrt
- Schwenken des Oberwagens
- Hebezeugbetrieb

Die hauptsächlichen Ursachen für Unfälle mit SKW sind das Überfahren von Kippenkanten und Böschungen sowie der Zusammenstoß mit anderen Fahrzeugen. Diese Unfälle haben sich ausschließlich bei der Rückwärtsfahrt der SKW ereignet.

### 5.4.2 Lösungsvorschläge

Die rückwärtige Sicht des Fahrers kann bei Radladern durch die Ausrüstung mit einer Videokamera an der Rückseite des Gerätes verbessert werden. Insbesondere bei den Maschinen der oberen Leistungsklasse ist der nicht einsehbare Bereich hinter dem Gerät, bedingt durch einen länger bauenden Motor, größer. Kamerasysteme sind inzwischen ab 500 Euro erhältlich und bauen so klein, dass eine Installation des Monitors (Flachbildschirm) in der Fahrerkabine ohne großen Platzbedarf möglich ist. Zusätzlich können die Erdbaumaschinen mit Ultraschallanlagen, wie sie heute schon bei vielen PKW in der Grundausstattung verbaut werden, zur Objekterfassung im rückwärtigen Bereich ausgerüstet werden. Der Nachteil dieser Geräte ist, dass sie die Sicht des Fahrers nicht ersetzen können, sondern lediglich eine Ergänzung darstellen. Die Systeme können durch Witterungseinflüsse gestört werden und sind außerdem nicht in der Lage zwischen einem Gegenstand und einer Person zu unterscheiden, die sich hinter dem Gerät befindet. Der Fahrer muss daher vom Gerät absteigen und sich von der Situation selbst ein Bild machen. Weiterhin können die Warntöne des Ultraschallsystems den Fahrer stören, wenn dieser sich mit seiner Maschine betriebsbedingt in engen Bereichen aufhält. Das System kann außerdem durch Verschmutzung schnell ausfallen.

Als technische Neuentwicklung auf diesem Gebiet sind Impulsradarsysteme zu nennen. Da Impulsradar Kunststoff durchdringt, können diese Geräte vollständig eingekapselt werden. Ein Ausfall durch Verschmutzung oder Wasser ist daher unmöglich. [12]

Um die Abstürze der SKW beim rückwärtigen Kippen zu verhindern, sollte der Einsatz eines Anfahrsschutzes für alle Kippstellen Pflicht werden. In den kanadischen und US-amerikanischen Richtlinien zur Unfallverhütung gibt es bereits entsprechende Regelungen. In Deutschland ist der Einsatz bisher nur bei ortsfesten Kippstellen vorgeschrieben. Ein flexibel einsetzbarer Anfahrsschutz ist durch die Rheinischen Kalksteinwerke entwickelt und mit dem StBG-Förderpreis ausgezeichnet worden.

Konstruktive Verbesserungen der Sicht lassen sich durch Abschrägen der Motorhaube und Verkleidungen erzielen und führen zu einer Verkleinerung des nicht einsehbaren Bereichs um die Maschine herum.

Um Unfälle mit Personen im rückwärtigen Bereich der Geräte zu verhindern, ist es sinnvoll die Maschinen mit einer Rückfahrwarnanlage auszurüsten. Diese kann optisch und/oder akustisch ausgeführt werden. In Kanada ist eine Warnanlage für jede gummibereifte Erdbaumaschine mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von mehr als 8 km/h und einem Betriebsgewicht von mehr als 7 t vorgeschrieben.

Damit Verkehrsunfälle im Tagebau vermieden werden, ist in Nordamerika vorgesehen, dass jedes Befahrungsfahrzeug entweder mit einer Peitschenantenne mit Beleuchtung und Fahne ausgerüstet wird oder alternativ ein Blitzlicht auf dem Dach trägt. Diese Forderung macht in Europa nur in Betrieben Sinn, in denen große SKW eingesetzt werden, weil bei kleineren Geräten der Fahrer nicht so hoch über der Fahrbahn sitzt und noch ein ausreichendes Sichtfeld hat, um Fahrzeuge vor oder neben dem Gerät erkennen zu können.

## **5.5 Stellteile**

Stellteile an Erdbaumaschinen sind Lenkrad, Hebel, Pedale und Schalter. Mit diesen Einrichtungen erfolgt die Steuerung des Gerätes. Während sich bei älteren Geräten mit einem Stellteil überwiegend nur eine Funktion des Gerätes steuern ließ, setzen sich bei neueren Geräten immer mehr multifunktionale Bedienelemente - auch Joysticks genannt - durch. Dies erleichtert dem Geräteführer die Arbeit, da gleichzeitig mehrere Bewegungen der Maschine gesteuert werden können.

### **5.5.1 Gefährdungsanalyse**

Im Untersuchungszeitraum haben sich insgesamt 20 Unfälle mit Stellteilen ereignet. Das entspricht einem prozentualen Anteil von 3 % an den konstruktionsbedingten Unfällen. Die gerätebezogenen Anteile setzen sich wie folgt zusammen:

- Bagger 2 % (3 Unfälle)
- Radlader 4 % (13 Unfälle)
- SKW 5 % (4 Unfälle)

Bei den Baggern sind als hauptsächliche Unfallursachen zu nennen: versehentliche Betätigung der Stellteile, Fehlfunktion der Stellteile und Verletzungen durch die Stellteile selbst infolge starker Erschütterung des Gerätes.

Die häufigsten Unfallursachen bei Radladern sind: versehentliches Betätigen der Stellteile, hängen bleiben an Bedienteilen und Aufprall auf Bedienelemente.

Das Zurückschlagen des Lenkrads durch Überfahren von Hindernissen und Aufprall auf das Lenkrad infolge starken Bremsens sind als Unfallursachen für die Gruppe der SKW zu nennen.

### **5.5.2 Grundsätzliche Forderungen**

Wichtig sind bei der Konstruktion und Anordnung:

- Die Stellteile müssen ergonomisch angeordnet und sicherheitsgerecht gestaltet sein.
- Sie müssen so angeordnet sein, dass bei der Bedienung der Hebel und Schalter der Oberarm und bei der Benutzung der Pedalen der Oberschenkel nicht bewegt werden muss.
- Die Bewegungsrichtung der Hebel muss sinnfällig mit der ausgelösten Bewegung des Gerätes oder dessen Teilen sein.
- Hebel sind so anzuordnen, dass sie beim Ein- und Ausstieg aus dem Gerät nicht unabsichtlich bedient werden können.
- Die Stellteile müssen durch einen Sicherheitshebel gesperrt werden können, damit eine Bewegung des Gerätes ohne Anwesenheit des Fahrers verhindert wird.

### **5.5.3 Lösungsvorschläge**

Die Auswertung zeigt, dass der größte Handlungsbedarf bei der Verhinderung der unabsichtlichen Benutzung von Stellteilen herrscht. Bei Baggern werden seit mehr als 10 Jahren Sicherheitshebel verbaut, die den Ein- und Ausstiegsbereich verdecken (Abbildung 5-4). Wird der Hebel angehoben, erfolgt eine Abschaltung aller Fahr- und Arbeitsbewegungen der Maschine. Diese Lösung hat sich inzwischen in der Praxis bewährt. Radlader verfügen bisher nicht über diese Technik; nur Skid-Steer-Lader sind damit teilweise ausgerüstet. Anstelle des Sicherheitshebels könnten auch Türkontakte eingesetzt werden, allerdings würde dies zu Problemen führen, da die Fahrer die Türen während der Arbeit nicht immer geschlossen halten. Ein anderer Lösungsvorschlag ist, die Stellteile so anzuordnen, dass eine versehentliche Betätigung oder aber Benutzung als Haltegriff beim Ein- und Ausstieg nahezu ausgeschlossen wird.



Abbildung 5-4: Sicherheitshebel am Hydraulikbagger

## **6 Betrieb von Erdbaumaschinen**

In diesem Abschnitt erfolgt die Bewertung und Analyse aller betriebs- und verhaltensbedingten Unfälle.

Folgende häufig auftretende Unfälle auslösende Tätigkeiten werden untersucht:

- fahren
- laden
- Aufenthalt im Gefahrenbereich
- Reinigung
- Instandhaltung
- tanken
- Transport
- Hebezeug
- Standsicherheit

### **6.1 Fahren**

#### **6.1.1 Gefährdungsanalyse**

Die Analyse der Unfallzahlen für den Unfalltyp „fahren“ ergibt die nachstehend genannten Werte. Dabei beträgt die Summe der Unfallanteile „Betrieb“ pro Gerät 100%, nicht aber pro Kategorie aus dem Bereich „Betrieb“.

- Bagger: 1 % (2 Unfälle)
- Radlader: 20 % (32 Unfälle)
- Planiergeräte: 29 % (7 Unfälle)
- SKW: 29 % (11 Unfälle)

Der geringe Anteil bei den Baggern erklärt sich durch die Betriebsweise dieser Geräte. Bagger arbeiten überwiegend im Stand und werden selten verfahren. Bei allen anderen Geräten besteht ein erheblicher Teil des Einsatzes aus dem Verfahren der Maschinen. Dies geschieht insbesondere bei den Radladern und SKW zum Teil mit hohen Geschwindigkeiten. Daher wirken sich die äußeren Umgebungsbedingungen wie z.B. Sohlenbeschaffenheit oder Sicht

unfall erhöhend auf den Einsatz der Geräte aus. Die nachfolgend aufgeführten Kriterien sind als Unfallauslösende Faktoren zu nennen:

- nicht angepasste Geschwindigkeit
- befahren von Randstreifen ohne ausreichende Tragfähigkeit
- überfahren von Böschungen und Kippenkanten
- Zusammenstoß mit Hindernissen infolge Unachtsamkeit
- überfahren von großen Steinen
- durchfahren von Vertiefungen im Fahrweg
- fahren ohne Gurt
- Mitfahrt auf dem Gerät ohne geeigneten Sitzplatz (z.B. auf dem Aufstieg)

### **6.1.2 Lösungsvorschläge**

Die auslösenden Faktoren für den Unfalltyp „fahren“ deuten überwiegend auf menschliche Fehler hin. Zum Teil erfolgt eine Regelung dieser Problematik in der Norm 474 und der Maschinenrichtlinie, ein Großteil ist aber bereits in den Musterbetriebsanweisungen der StBG für die jeweiligen Geräte geregelt.

Ein Teil der Unfälle lässt sich jedoch durch bessere Ausbildung und Weiterbildung der Geräteführer vermeiden. Im Rahmen von Fahrsicherheitstrainings könnten die Fahrer für Gefahrenquellen beim Umgang mit den Geräten sensibilisiert werden.

Insbesondere die Auswertung der Unfalldaten aus den USA lässt eine Häufung der Unfälle bei Fahrern mit wenig Berufserfahrung im Bergbau erkennen. Demnach ist die Anzahl der Ausfalltage bei den SKW-Fahrern mit bis zu einem Jahr Betriebserfahrung um den Faktor 2,4 höher als bei den Fahrern mit 1 bis 5 Jahre Betriebserfahrung. Bei den Radladerfahrern ist dieser Wert sogar um den Faktor 4,5 höher.

Hier ist in jedem Fall Handlungsbedarf erforderlich. Die Ausbildung und Einweisung neuer Geräteführer ist demnach nicht ausreichend und muss verbessert werden. Weiterhin müssen die Fahrer für das Anlegen des Sicherheitsgurtes sensibilisiert werden. Ein Teil der Unfälle hätte dadurch verhindert werden können. Dies gilt insbesondere für die Unfälle, bei denen der Fahrer nach Umsturz oder Absturz mit dem Gerät aus der Kabine herausgeschleudert wird.



## **6.2 Laden**

### **6.2.1 Gefährdungsanalyse**

Für den Unfalltyp „laden“ ergibt die Auswertung der Statistik die folgenden Geräteanteile:

- Bagger: 14 % (19 Unfälle)
- Radlader: 9 % (14 Unfälle)
- Planiergeräte: 0 % (0 Unfälle)
- SKW: 8 % (3 Unfälle)

Die Angaben sind so zu verstehen, dass sich 14 % aller betriebsbedingten Unfälle bei Baggern beim Laden ereignet haben.

Die meisten Unfälle haben sich zwangsläufig bei den eigentlichen Ladegeräten Bagger und Radlader ereignet. Bei den SKW ereigneten sich die Unfälle bei der Beladung der Geräte. Als häufigste Unfallauslösende Faktoren sind zu nennen:

- Nachfall von Haufwerk aus der Böschung
- Herabfallen von Haufwerk aus der Ladeeinrichtung
- Steinflug durch Knäppern oder Ladetätigkeit
- abruptes Abbremsen des Gerätes beim Laden verursacht durch Kanten oder Hindernisse unter dem Haufwerk
- abrutschen mit der Ladeeinrichtung bei der Aufnahme großer Gegenstände mit anschließender starker Erschütterung des Gerätes

### **6.2.2 Lösungsvorschläge**

Für den Unfalltyp „laden“ gelten die schon unter Punkt 6.1.2 genannten Vorschläge. Gerade im Zusammenhang mit dem abrupten Abbremsen der Geräte sowie der Erschütterung kann die Unfallhäufigkeit durch eine Gurtanlegepflicht verringert werden. Besser gefederte Kabinen und Fahrersitze können die Einwirkungen durch Erschütterungen auf den Fahrer verringern.

## **6.3 Aufenthalt im Gefahrenbereich**

### **6.3.1 Gefährdungsanalyse**

Insgesamt können 24 Unfälle dem Merkmal „Aufenthalt im Gefahrenbereich“ zugeordnet werden. Sie teilen sich wie folgt auf die einzelnen Gerätegruppen auf:

- Bagger: 8 % (11 Unfälle)
- Radlader: 8 % (12 Unfälle)
- Planiergeräte: 4 % (1 Unfall)
- SKW: 0 % (0 Unfälle)

Bei den Baggern ereigneten sich die Unfälle hauptsächlich durch folgende Ursachen:

- Bewegung des Oberwagens oder der Ladeeinrichtung führt zu Verletzung Dritter.
- bei Fahrbewegungen werden Einweiser erfasst
- herabfallende Ladung oder Steinfall an Böschungen verletzt den Fahrer und Dritte.

Folgende Ursachen sind bei den Radladern unfallauslösend:

- bei Fahrbewegungen werden Dritte durch das Gerät erfasst
- Die Ladeeinrichtung berührt beim Absenken auf den Boden Körperteile Dritter
- beim Transport oder Anheben von sperrigen Gegenständen bewegen sich diese plötzlich und erfassen Dritte

Für die Planiergeräte ist nur ein Unfall zu verzeichnen, bei dem sich eine Dritte Person im rückwärtigen Bereich der Raupe bei Planierarbeiten aufgehalten hat und von der Raupenkette erfasst wurde.

### **6.3.2 Lösungsvorschläge**

Gerade bei der Einweisertätigkeit ist u. U. ein Aufenthalt im Gefahrenbereich erforderlich. Wichtig bei dieser Tätigkeit ist aber, dass der Einweiser sich immer im direkten Sichtbereich des Geräteführers aufhält. Dadurch können zumindest Unfälle durch An- oder Überfahren von Personen vermieden werden. Dritte Personen dürfen sich nicht im Gefahrenbereich der Geräte aufhalten und sind dafür durch entsprechende Informationen des Betriebs oder im Rahmen von Schulungen zu sensibilisieren. Gegebenfalls ist der Einsatz einer Sprechfunkverbindung bei der Einweisertätigkeit sinnvoll, wenn direkter Sichtkontakt nicht besteht.

## **6.4 Reinigung**

### **6.4.1 Gefährdungsanalyse**

Die Reinigung der Geräte ist in 24 Fällen als Unfallauslöser zu nennen. Die einzelnen Geräteanteile setzen sich wie folgt zusammen:

- Bagger: 3 % (4 Unfälle)
- Radlader: 8 % (12 Unfälle)
- Planiergeräte: 8 % (2 Unfälle)
- SKW: 11 % (4 Unfälle)
- Sonstige: 29 % (2 Unfälle)

Überwiegend ereigneten sich die Unfälle durch:

- Abrutschen oder Absturz vom Gerät bei Reinigungsarbeiten
- stolpern, umknicken oder anstoßen an das Gerät
- Verletzung durch das Reinigungsgerät

Zum Reinigen der Maschinen wird oft ein Hochdruckreiniger eingesetzt. Diese Geräte haben aufgrund des hohen Wasserdrucks oft einen großen Rückschlag. Deshalb ist es erforderlich die Düse mit beiden Händen zu halten. Die Fahrer können häufig auf keine geeigneten Leitern oder Plattformen zur Reinigung zurückgreifen und klettern aus Bequemlichkeit ohne diese Hilfen direkt auf die nasse Maschine und rutschen dabei ab, weil die Standflächen nicht ausreichend rutschsicher oder gar nicht in ausreichender Anzahl vorhanden sind.

### **6.4.2 Lösungsvorschläge**

Die Standflächen auf dem Gerät, die bei der Reinigung benutzt werden, können relativ preisgünstig mit rutschhemmenden Folien (Antirutschbeläge) versehen werden, um die Gefahr des Abrutschens zu vermindern. Die Verwendung von Folien in diesen Bereichen stellt kein Problem dar, da sie nicht Bestandteil des eigentlichen Aufstiegs sind und demzufolge auch einem geringeren Verschleiß unterliegen. Bei der Konstruktion der Geräte müssen die Hersteller auch die Reinigung, hier insbesondere der Front- und Heckscheibe, berücksichtigen und geeignete Zugänge und Standflächen auf den Geräte vorhalten. Weiterhin besteht die Möglichkeit am Waschplatz ortsfeste Leitern und Plattformen zu installieren, von denen aus die Mobilgeräte gefahrlos gereinigt werden könnten.

## 6.5 Instandhaltung

### 6.5.1 Gefährdungsanalyse

Im Bereich der Instandhaltung treten für das Merkmal „Betrieb“ die meisten Unfälle auf. Insgesamt ereigneten sich 190 Unfälle, was einem prozentualen Anteil von 51 % entspricht. Die einzelnen Geräteanteile setzen sich wie folgt zusammen:

- Bagger: 59 % (83 Unfälle)
- Radlader: 49 % (78 Unfälle)
- Planiergeräte: 46 % (11 Unfälle)
- SKW: 39 % (15 Unfälle)

Die große Unfallhäufigkeit lässt sich unter anderem durch den Umgang mit Werkzeug erklären (18 % aller Unfälle). Die häufigsten Unfallauslöser sind:

- mit dem Werkzeug verletzt
- vom Gerät abgerutscht
- quetschen von Körperteilen bei Montage / Demontearbeiten
- gegen Maschine gelaufen, gefallen, gestoßen
- Verletzung aufgrund des hohen Gewichts einzelner Teile
- Absplittern von Metallspänen

Unfälle im Bereich der Instandhaltung lassen sich durch konstruktive Maßnahmen an den Geräten relativ schwer verhindern. Die Geräte sind nach Möglichkeit wartungsfreundlich zu konstruieren, so dass die Zugänglichkeit zu Verschleißteilen und Kontrollstellen am Gerät ohne umfangreiche Demontage anderer Komponenten möglich ist. Bei schweren Komponenten sind Haken oder Ösen zum Anheben vorzusehen, damit Ketten oder Gurte sicher angeschlagen werden können. Eine Verringerung der Wartungsintervalle infolge einer höheren Lebensdauer der Komponenten würde zu einer Verringerung der Wartungsarbeiten führen und könnte dadurch auch zu einem Rückgang der Unfallzahlen beitragen.

## **6.6 Tanken**

### **6.6.1 Gefährdungsanalyse**

Die Geräteanteile für das Unfallmerkmal „Tanken“ betragen:

- Bagger: 3 % (4 Unfälle)
- Radlader: 1 % (2 Unfälle)
- Planiergeräte: 4 % (1 Unfall)
- SKW: 3 % (1 Unfall)

Die Unfälle ereigneten sich ausschließlich durch Abrutschen vom Gerät oder Ausrutschen beim Tankvorgang. Bei vielen Maschinen ist es erforderlich, dass zum Erreichen des Tankstutzens der Aufstieg benutzt werden muss. Mit der Zapfpistole in der Hand stellt dies eine zusätzliche Gefahr dar, da der Fahrer sich nicht mehr mit beiden Händen festhalten kann.

### **6.6.2 Lösungsvorschläge**

Die Geräte sollten so konstruiert werden, dass der Tankstutzen und alle anderen Öffnungen für die tägliche Wartung vom Boden aus erreicht werden können. Alternativ können bei größeren Geräten auch entsprechende Zugänge auf den Geräten angebracht werden, die ausreichend breit, trittsicher und je nach Höhe über dem Erdboden auch über ein Geländer verfügen.

Bei älteren Geräten kann die Unfallgefahr durch Benutzung standsicherer Leitern oder dem Betanken von Laderampen aus verringert werden.

## **6.7 Transport**

### **6.7.1 Gefährdungsanalyse**

Durch den Transport der Geräte haben sich insgesamt 7 Unfälle ereignet, die sich wie folgt auf die einzelnen Gerätegruppen aufteilen:

- Bagger: 3 % (4 Unfälle)
- Radlader: 1 % (1 Unfall)
- Planiergeräte: 0 % (0 Unfälle)
- SKW: 3 % (1 Unfall)

- Sonstige: 14 % (1 Unfall)

Hauptsächliche Gefahrenstellen sind das Herauf- und Herabfahren der Maschine vom Transportfahrzeug sowie schwere Anbauteile, die sich auf dem Transportfahrzeug selbständig oder beim Verzurren bewegen. Weiterhin sind als Gefahrenquelle fehlende Sicherheitseinrichtungen wie z.B. Geländer zu nennen, die bereits für den Transport der Maschine entfernt wurden.

### **6.7.2 Lösungsvorschläge**

Der Transport der Geräte stellt einen Sonderbetrieb dar und kommt normalerweise nicht besonders häufig vor. Aus diesem Grund ist beim Verladen der Geräte besonders sorgfältig zu arbeiten.

Von der Herstellerseite her kann der Transport der Geräte dadurch sicherer gestaltet werden, indem an den Geräten ausreichend Anschlagpunkte für Verzurrmittel wie Ketten oder Gurte bereitgestellt werden.

## **6.8 Hebezeug**

### **6.8.1 Gefährdungsanalyse**

Im Hebezeugbetrieb haben sich insgesamt 10 Unfälle ereignet, davon 6 mit Baggern (4 %) und 4 mit Radladern (3 %).

Die Unfälle ereigneten sich überwiegend durch Bewegung der angehobenen Teile. Dadurch wurden Personen erfasst und verletzt. Eine weitere Ursache sind plötzliche Bewegungen der Ladeeinrichtung beim Anschlagen oder Lösen sowie Quetschen von Extremitäten beim Führen der Last.

Lösungsvorschläge für den Hebezeugbetrieb wurden nicht weiter erarbeitet, da diese Betriebsweise in der Rohstoffgewinnung selten vorkommt und die Unfallhäufigkeit eine weitere Analyse für nicht sinnvoll erachten lässt.

## **6.9 Standsicherheit**

### **6.9.1 Gefährdungsanalyse**

17 Unfälle haben sich infolge mangelnder Standsicherheit ereignet. Die größte Anzahl ist hier bei den Baggern zu verzeichnen:

- Bagger: 5 % (7 Unfälle)
- Radlader: 3 % (4 Unfälle)
- Planiergeräte: 8 % (2 Unfälle)
- SKW: 8 % (3 Unfälle)
- Sonstige: 14 % (1 Unfall)

Bei diesen Unfällen kristallisieren sich vier Hauptursachen heraus:

- Anheben zu schwerer Gegenstände führt zum einseitigen Abheben des Geräts und evtl. auch zum Umsturz
- nachgiebiger oder rutschiger Untergrund (z.B. Kippenkanten)
- Abkommen vom Weg beim Rückwärtsfahren
- Fahrfehler

### 6.9.2 Lösungsvorschläge

Bagger sollten mit einer Überlastwarneinrichtung ausgerüstet werden, die den Fahrer bei Überschreiten der zulässigen Last warnt und dadurch Unfälle durch nachfolgendes Schwenken des Oberwagens mit anschließendem Umsturz des Geräts verhindert. Diese Einrichtung ist bisher nur für Geräte im Hebezeugeinsatz Pflicht. Bei Überlastung darf aber nur eine Warnung des Fahrers erfolgen. Eine Abschaltung mit Blockierung der gesamten Steuerung ist nicht sinnvoll, da der Fahrer dann noch nicht einmal die Möglichkeit hätte, die Last wieder auf dem Boden abzusetzen.

Die Verletzung von Personen bei Umsturz des Gerätes kann durch den Einsatz eines ROPS für alle Bagger verhindert werden. Bisher sind ein ROPS und Rückhaltegurt für den Fahrer nur bei Baggern mit einem Betriebsgewicht von unter 6.000 kg vorgeschrieben. In den USA ist ein Überrollschutz (R.O.P.S.) für alle Fahrzeuge mit aufsitzendem Fahrer bei denen Umsturzgefahr besteht, unabhängig vom Betriebsgewicht vorgeschrieben (siehe 5.2.2). Dies hätte dann auch eine Gurtpflicht für nahezu alle in der Steine- und Erdenindustrie eingesetzten Maschinen zur Folge.

Viele Radlader sind bereits mit Wiegesystemen ausgerüstet. Daher sollte es technisch möglich sein, geräteabhängig eine maximal zulässige Last in die Waagen einzuprogrammieren, so dass diese den Fahrer bei Überladung warnen.

In Kanada muss die maximale Last, die mit dem Fahrzeug sicher bewegt werden kann, für den Fahrer eindeutig erkennbar sein.

Fahrfehler lassen sich durch bessere Schulung der Mitarbeiter vermeiden. Nicht angepasste Geschwindigkeit oder falsches Einschätzen der Situation führt zur Beeinträchtigung der Standsicherheit und damit zu Unfällen.



## **7 Erstellung und Auswertung eines Fragebogens zur Sicherheit von Erdbaumaschinen**

Parallel zur Auswertung der Unfalldaten wurde ein Fragebogen entwickelt um weitere Informationen über Gefahren im Umgang mit Erdbaumaschinen zu erhalten. Ein wesentliches Ziel bei der inhaltlichen Gestaltung des Fragebogens war es, zusätzlich zu den Unfällen auch Informationen über Beinaheunfälle sowie Konstruktionsmängel zu erhalten. Um diese Daten auf möglichst breiter Grundlage erheben zu können, wurden zwei verschiedene Fragebögen entwickelt und an insgesamt ca. 2.800 Mitgliedsunternehmen der StBG versendet. Ein Fragebogen ist für die Geschäftsleitung bzw. den Unternehmer vorgesehen, der zweite für den Mitarbeiter in der Werkstatt bzw. den Geräteführer.

### **7.1 Fragebogen Geschäftsleitung / Unternehmer**

Dieser Fragebogen befasst sich überwiegend mit Verbesserungsvorschlägen. Zunächst ist aus den 5 Kategorien Bagger, Radlader, Raupe, SKW und Dumper die Maschinenart auszuwählen, für die der Bogen ausgefüllt wird. Anschließend sind der Hersteller, der Gerätetyp sowie das Baujahr anzugeben. Bei den folgenden drei Fragen ist anzugeben, welche Verbesserungen bei der ausgewählten Maschine erforderlich sind, ob der Hersteller damit bereits konfrontiert wurde und wenn ja, wie er darauf reagiert hat. Als nächstes wird erfasst, ob es innerhalb der letzten 5 Jahre Ausfalltage bei Mitarbeitern durch Unfälle mit Erdbaumaschinen gegeben hat und wenn ja, wie viele. Frage 5 befasst sich mit Empfehlungen zur Optimierung der Arbeitssicherheit beim Umgang mit Erdbaumaschinen. Es können Empfehlungen konstruktiver und verhaltensbedingter Art gemacht werden. Die letzte Frage befasst sich mit den Förderpreisen der StBG. Insgesamt stehen hier vier verschiedene Förderpreise aus dem Bereich Erdbaumaschinen zur Auswahl bei denen anzugeben ist, ob sie bekannt sind und im Betrieb umgesetzt wurden. Die angegebenen Förderpreise sind:

- flexibler Anfahrschutz für Kippstellen
- sicherer Aufstieg zu Radladerkabinen
- Radwechseleinrichtung für Baumaschinen
- „Gurtzwang“ für Radladerfahrer / SKW-Fahrer

Der Fragebogen ist im Original dem Anhang zu entnehmen.

## 7.2 Fragebogen Mitarbeiter Werkstatt / Geräteführer

Dieser Fragebogen richtet sich an die Mitarbeiter, die täglich als Geräteführer auf einer Erdbaumaschine eingesetzt werden oder aber in der Betriebswerkstatt mit der Wartung und Reparatur dieser Geräte betraut sind.

Zunächst hat der Mitarbeiter anzugeben, ob er als Geräteführer oder als Mitarbeiter in der Werkstatt tätig ist. Als nächstes wird gefragt, ob er eigene Erfahrungen im Umgang mit Erdbaumaschinen hat. Anschließend ist anzugeben, für welche Geräteart, welchen Hersteller und Typ der Bogen ausgefüllt wird. Die nächsten Fragen haben mögliche Unfälle des Mitarbeiters zum Inhalt. Bei den Fragen wird unterschieden zwischen:

- Beinaheunfall
- am Gerät verletzt
- Unfall ohne Ausfalltag
- Unfall mit Ausfalltag

Zu den genannten Unfalltypen können anschließend genauere Angaben zur Unfallursache aus einer Liste ausgewählt werden. Diese ist nach den folgenden Konstruktionsmerkmalen und Tätigkeiten gegliedert:

- Aufstieg
- Kabine
- Stellteile
- Arbeitseinrichtung
- Reifen
- Sicht
- Fahren
- Laden
- Schwenken, Heben und Senken der Arbeitseinrichtung
- Reinigung
- Wartung, Reparatur

Sollte sich der Unfall / Beinaheunfall nicht in eine der oben angegebenen Kategorien einordnen lassen, kann in einem Freitextfeld eine andere Unfallursache angegeben werden. Nachfolgend

wird der Mitarbeiter befragt, womit er an dem angegebenen Gerät besonders unzufrieden ist und ob er zu den vorangestellten Möglichkeiten Verbesserungsvorschläge machen möchte.

### **7.3 Auswertung des Fragebogens**

Insgesamt wurden bis Ende Januar 2005 958 beantwortete Fragebögen wieder zurückgeschickt und nachfolgend ausgewertet. Die beantworteten Bögen setzen sich wie folgt zusammen:

#### **Geschäftsleitung / Unternehmer**

- Insgesamt zurückerhalten: 311
- davon vollständig / korrekt ausgefüllt: 247
- unvollständig, falsch oder nicht ausgefüllt: 64

#### **Mitarbeiter ohne Unfall / Beinaheunfall**

- insgesamt zurückerhalten: 429
- davon vollständig / korrekt ausgefüllt: 391
- unvollständig, falsch oder nicht ausgefüllt: 38

#### **Mitarbeiter mit Unfall / Beinaheunfall**

- insgesamt zurückerhalten: 223
- davon Beinaheunfälle: 182
- davon Unfälle ohne Ausfalltag : 196
- davon Unfälle mit Verletzung aber ohne Ausfalltag: 93
- davon Unfälle mit mindestens einem Ausfalltag: 27
- angegebene Ausfalltage: 528

Die Rückantworten bestehen zu 68 % aus Mitarbeiterbögen und zu 32 % aus Fragebögen der Geschäftsleitung / des Unternehmers.

Bei den Mitarbeiterbögen ergibt die Auswertung, dass 66 % der Bögen von Mitarbeitern ohne Unfall ausgefüllt wurden. Der Anteil mit Unfall bzw. Beinaheunfall beträgt 34 %.

## 7.4 Unfallanalyse

Die Unfallanalyse wurde für die Mitarbeiterbögen analog zur Auswertung der Unfälle aus Kapitel 3 durchgeführt.

### 7.4.1 Unfallverteilung nach Geräteart

Die Aufteilung der Unfälle nach Geräteart lässt Parallelen zu den untersuchten Unfallzahlen der Steinbruchs-BG erkennen. Radlader sind die am häufigsten genannte Geräteart mit einem Anteil von 56 %. Die nachstehende Abbildung 7-1 zeigt die prozentuale Unfallverteilung nach Gerätart. Ferner wird deutlich, dass der Hauptanteil der Unfälle (80 %) den Ladegeräten (Radlader, Bagger) zuzuschreiben ist. Raupen, Dumper und SKW spielen mit Geräteanteilen von 9 %, 6 % und 5 % eine untergeordnete Rolle.

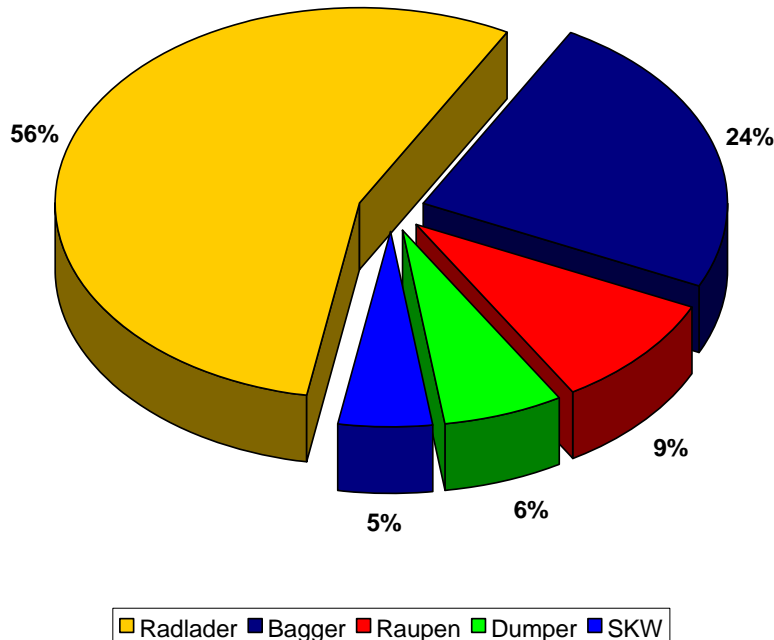


Abbildung 7-1: Unfallverteilung nach Geräteart

#### 7.4.2 Ausfallzeiten der Mitarbeiter durch Unfälle mit Mobilgeräten

Die Auswertung der Ausfallzeiten von Mitarbeitern zeigt ebenfalls einen hohen Anteil bei der Benutzung von Ladegeräten. Jedoch zeigt die Analyse, dass trotz einer hohen Unfallanzahl mit Radladern die Ausfallzeiten relativ betrachtet geringer sind als bei den Baggern. Absolut gesehen verteilen sich die Ausfallzeiten bedingt durch Unfälle mit Radladern und Baggern zu annähernd gleichen Teilen. Der Anteil der Ladegeräte beträgt insgesamt 72 % (Abbildung 7-2). Die übrigen Ausfallzeiten entfallen auf die Transportgeräte SKW und Dumper. Im Rahmen der Umfrage konnten bei den Raupen keine Ausfallzeiten durch Unfälle ermittelt werden.

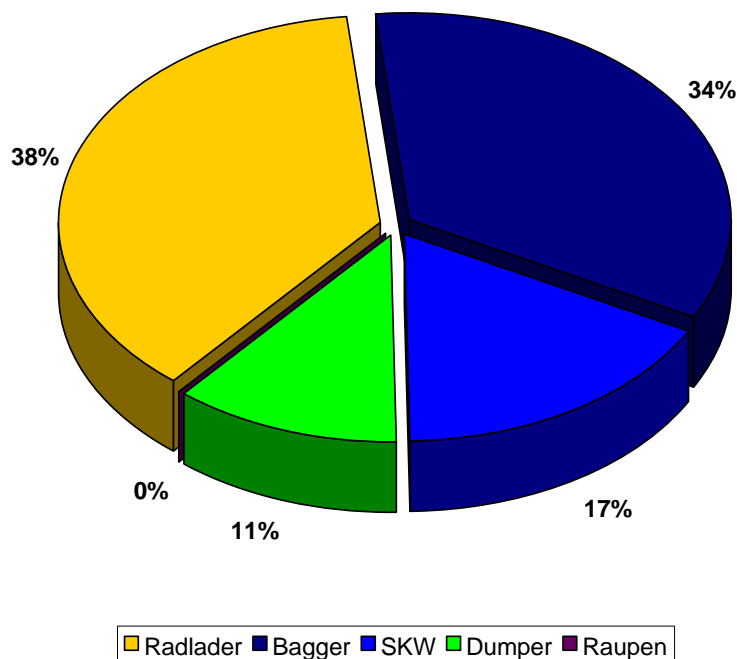


Abbildung 7-2: Ausfallzeiten von Mitarbeitern in Abhängigkeit von der Geräteart

#### 7.4.3 Aufteilung der Unfälle

Für die nachfolgende Auswertung erfolgt eine Einteilung in konstruktions- und betriebsbedingte Unfälle. Die konstruktionsbedingten Unfälle gliedern sich in die Kategorien:

- Aufstieg
- Arbeitseinrichtung
- Kabine
- Sicht

- Stellteile
- Tür

Insgesamt entfallen 160 Unfälle auf den Bereich „Konstruktion“.

Die Aufteilung der betriebsbedingten Unfälle erfolgt in den Kategorien:

- Fahren ohne ausreichende Sicht
- Instandhaltung
- Laden
- Reinigung
- Tanken
- Standsicherheit

Auf den Bereich „betriebsbedingt“ entfallen 63 Unfälle. Die Auswertung der Fragebögen zeigt, dass analog zu den Unfallzahlen der StBG die konstruktionsbedingten Unfälle mehr als doppelt so häufig vorkommen als die betriebsbedingten.

Die Abbildung 7-3 zeigt, dass auch aus den Mitarbeiterfragebögen der Aufstieg mit einem Anteil von 58 % als häufigste Unfallursache im Bereich der Konstruktion hervorgeht. Die am häufigsten genannten Unfallursachen für das Konstruktionsmerkmal „Aufstieg“ sind:

- von der Aufstiegsleiter abgerutscht (64 %)
- beim Absteigen umgeknickt (18 %)

Unfälle im Zusammenhang mit der Fahrerkabine sind immerhin noch mit einem Anteil von 18 % zu nennen. Die Ursachen für diese Unfälle sind:

- beim Ein- und Aussteigen gegen Teile der Kabine gestoßen (79 %)
- durch abruptes Abbremsen bzw. infolge starker Erschütterungen der Maschine gegen Teile der Kabine geprallt (21 %)

Unfälle in Zusammenhang mit dem Konstruktionsmerkmal „Sicht“ ereignen sich fast ausschließlich bei der Rückwärtsfahrt. Dabei kommt es überwiegend zum Zusammenstoß mit Gegenständen. Unfälle mit Personenschaden treten nur selten auf.

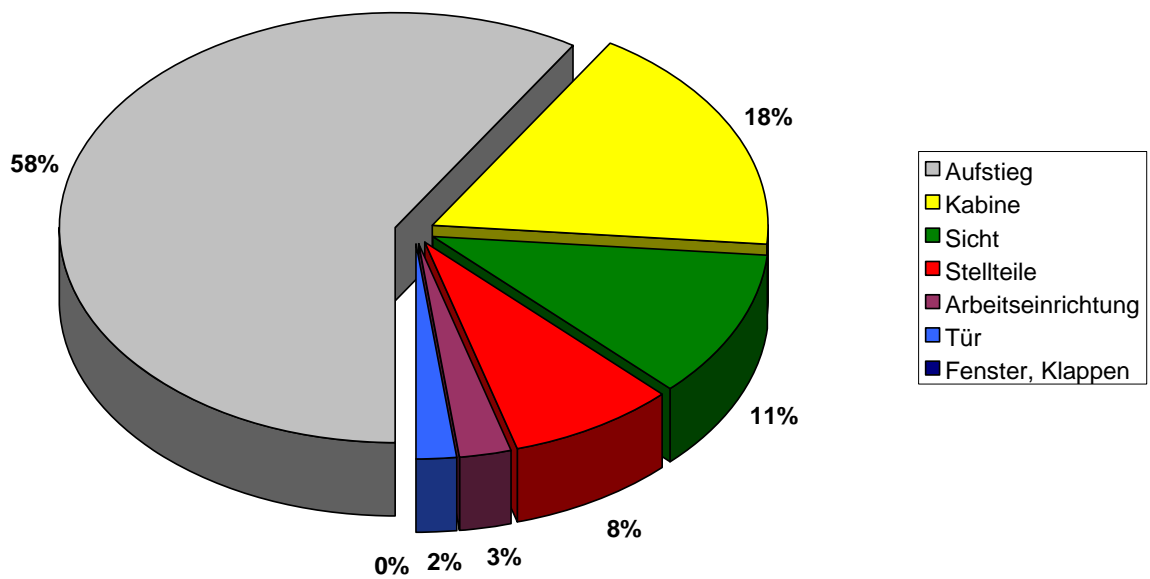


Abbildung 7-3: Verteilung der konstruktionsbedingten Unfälle

Das nachfolgende Diagramm zeigt die Verteilung der Ausfallzeiten der verunfallten Mitarbeiter für den Bereich „Konstruktion“. Deutlich erkennbar ist der Unfallschwerpunkt „Aufstieg“, der mit einem Anteil von 87 % am meisten Ausfallzeiten verursacht. Dies lässt zusammen mit der Verteilung der Unfallhäufigkeit darauf schließen, dass sich im Zusammenhang mit dem Aufstieg häufig Unfälle mit langen Ausfallzeiten ereignen.

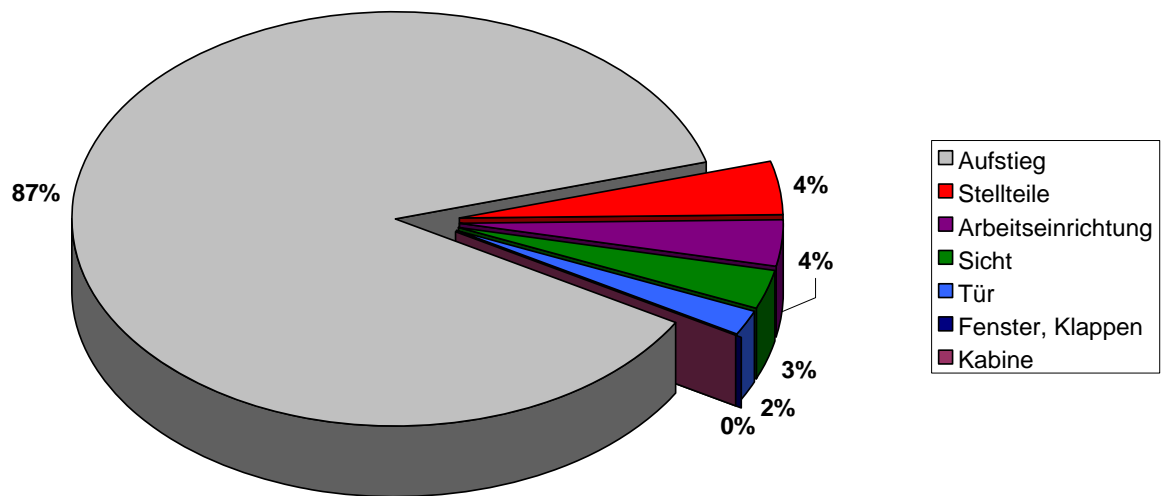


Abbildung 7-4: Verteilung der Ausfallzeiten der Mitarbeiter durch konstruktionsbedingte Unfälle

Die Analyse der betriebsbedingten Unfälle lässt keinen sich deutlich abzeichnenden Unfallschwerpunkt erkennen. Am häufigsten haben sich Unfälle infolge nicht ausreichender Sicht ereignet. Je ein Viertel der Unfälle lassen sich der Reinigung der Geräte und der Ladetätigkeit zuschreiben. Die Instandhaltung spielt bei diesem Ergebnis mit einem Anteil von nur 16 % eine untergeordnete Rolle (Abbildung 7-5). Die am häufigsten genannten Unfallursachen sind:

**Fahren ohne ausreichende Sicht:** Zusammenstoß mit Gegenständen

**Laden:** nachfallendes Material aus der Böschung oder Ladeeinrichtung

**Reinigung:** vom Gerät abgerutscht

**Instandhaltung:** mit Werkzeug verletzt



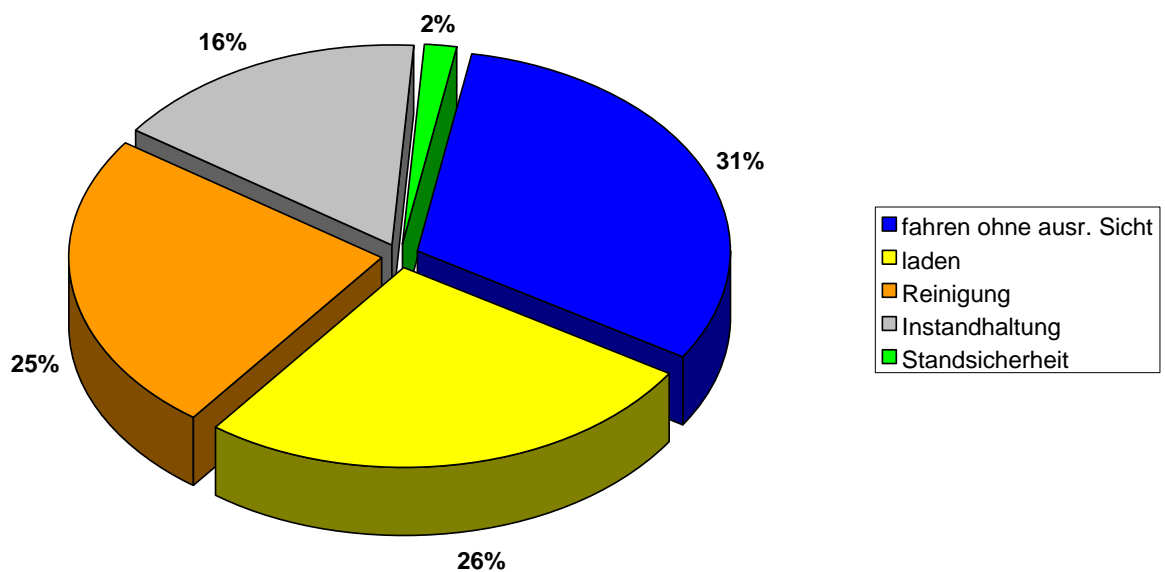


Abbildung 7-5: Verteilung der betriebsbedingten Unfälle

Die Ausfallzeiten durch betriebsbedingte Unfälle teilen sich zu zwei Dritteln auf „Fahren ohne ausreichende Sicht“ und zu einem Drittel auf die Instandhaltung auf. Daraus lässt sich schließen, dass Sichtunfälle im Verhältnis eine höhere durchschnittliche Ausfallzeit des Mitarbeiters hervorrufen als die anderen betriebsbedingten Unfälle (Abbildung 7-6).

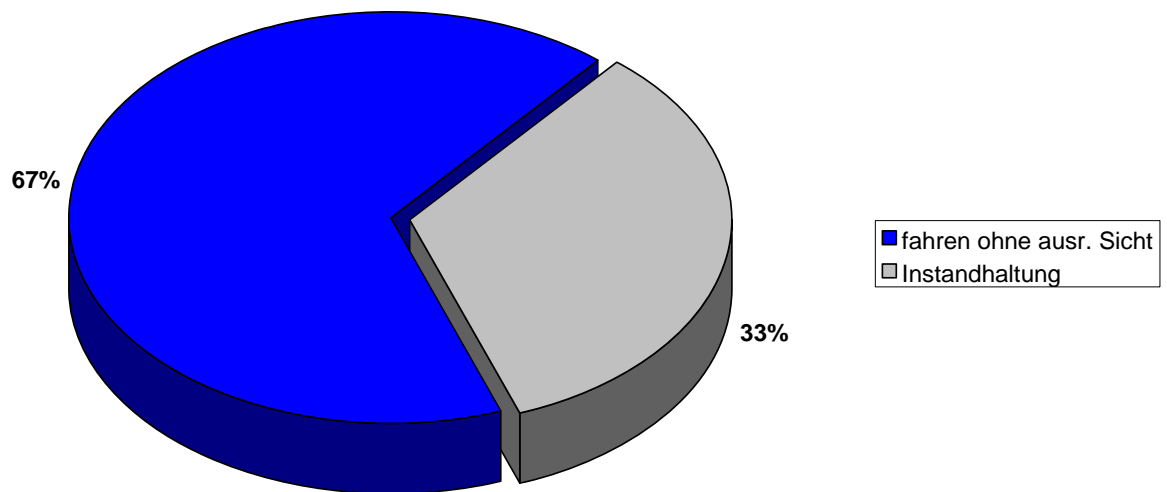


Abbildung 7-6: Verteilung der Ausfallzeiten der Mitarbeiter durch betriebsbedingte Unfälle

#### 7.4.4 Auswertung der Verbesserungsvorschläge

Im Rahmen der Befragung konnten auch Verbesserungsvorschläge zu dem ausgewählten Gerät gemacht werden. Insgesamt wurden 258 Verbesserungsvorschläge gemacht, die sich wie folgt verteilen:

- Mitarbeiter ohne Unfall: 39
- Mitarbeiter mit Unfall / Beinaheunfall: 56
- Geschäftsleitung / Unternehmer: 163

Die nachstehende Grafik zeigt die prozentuale Verteilung in der jeweiligen Kategorie von Befragten. Dabei fällt auf, dass von der Geschäftsleitung / dem Unternehmer überdurchschnittlich viele Vorschläge gemacht wurden. Weiterhin ist zu beobachten, dass die Mitarbeiter, die einen Unfall erlitten, mehr Vorschläge machten als ihre Kollegen, die keinen Unfall hatten.

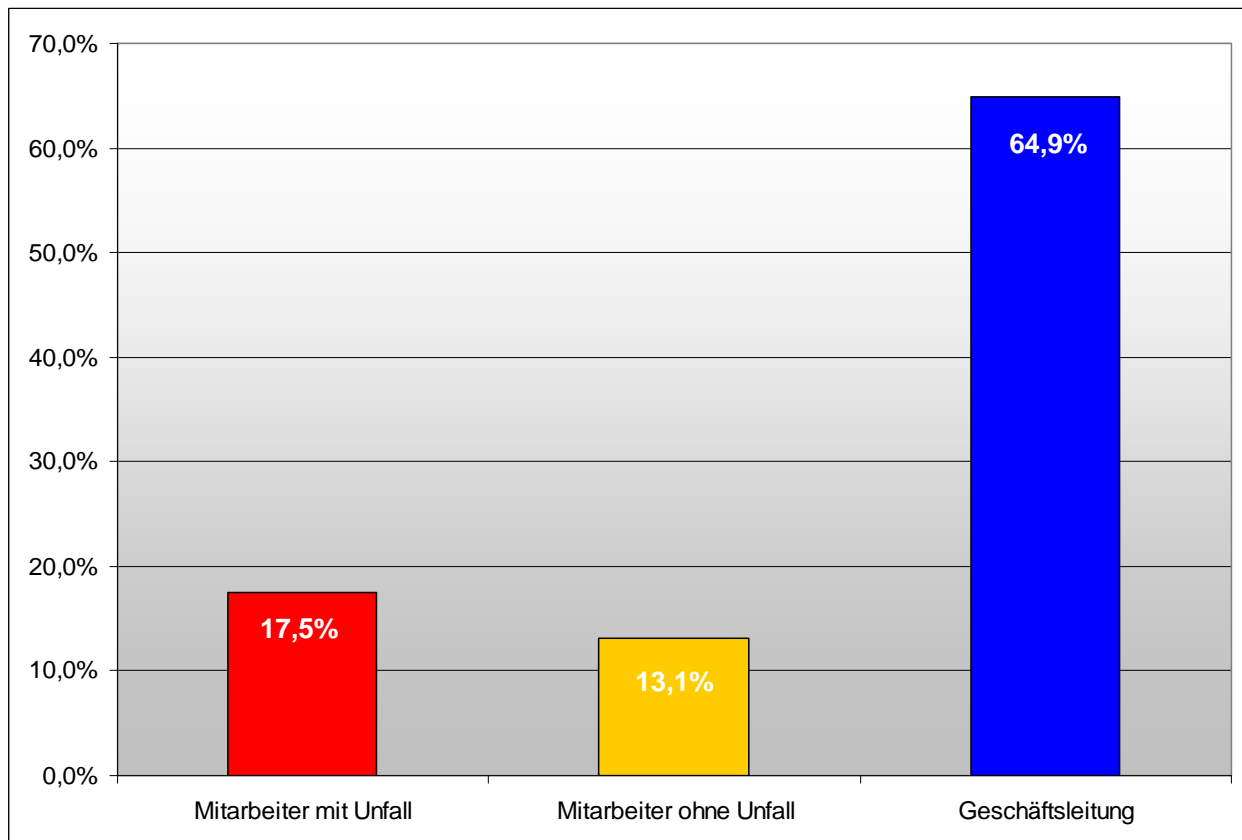


Abbildung 7-7: Anteil der Verbesserungsvorschläge an den Fragebögen

Die Analyse der Vorschläge ergibt, dass mit einem Anteil von 64 % für Radlader die meisten Verbesserungsvorschläge gemacht wurden. Der Anteil für Bagger liegt bei 20 %. Diese Verteilung lässt sich zum einen mit der Gerätezusammensetzung in den Betrieben, zum anderen mit der Arbeitsweise der Radlader begründen. Nahezu jeder Betrieb verfügt über mindestens einen Radlader, der, im Gegensatz zum Bagger, nicht im Stand arbeitet, sondern häufig verfahren wird.

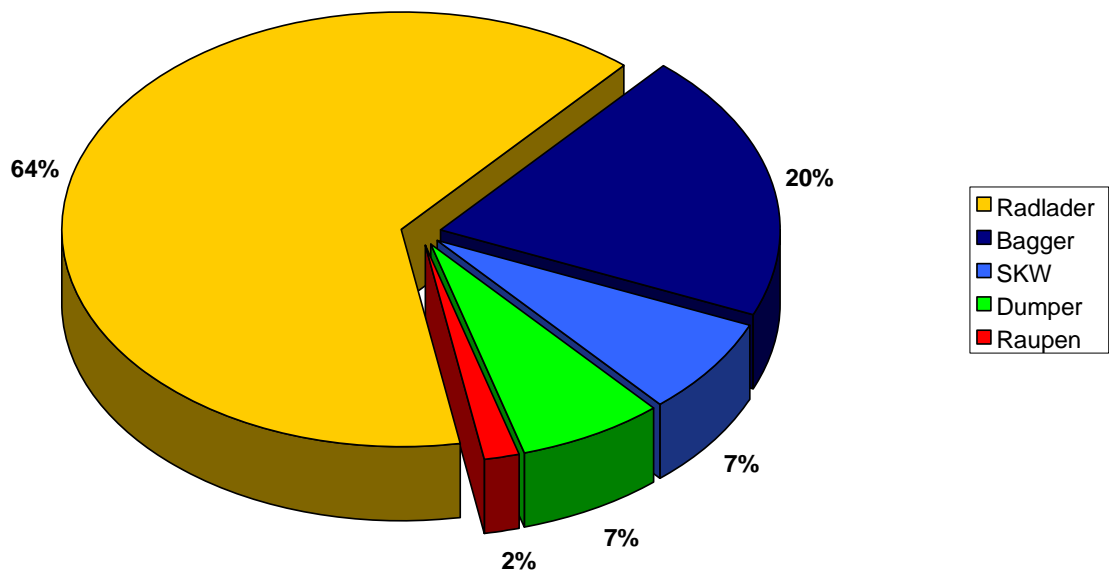


Abbildung 7-8: Anteil der Verbesserungsvorschläge nach Geräteart

Die Auswertung der Vorschläge nach den häufigsten Nennungen ergibt ein unterschiedliches Bild zwischen Mitarbeitern und Geschäftsleitung / Unternehmer. So sind die häufigsten Antworten des Mitarbeiters eher im Bereich Ergonomie und Komfort zu finden, während die Antworten der Geschäftsleitung ihren Schwerpunkt im Bereich der Sicherheit haben.

#### Übersicht über die häufigsten Nennungen:

	Geschäftsleitung / Unternehmer	Mitarbeiter
1.	Aufstieg	Aufstieg
2.	Kabine	Kabine
3.	Rückfahrkamera	Sicht
4.	Sicht	Zugänglichkeit (Wartung, Reinigung)
5.	Kabinentür	Fahrersitz
6.	Rückfahrwarneinrichtung	Beleuchtung

Zusätzlich zu den Verbesserungsvorschlägen sollten die Mitarbeiter auch angeben, womit sie bei dem ausgewählten Gerät besonders unzufrieden sind. Die Auswertung lässt hier einen deutlichen Schwerpunkt im Bereich Ergonomie und Komfort erkennen. Deutliche Unterschiede bestehen aber zwischen Mitarbeitern, die einen Unfall hatten und denjenigen

ohne Unfall. Verunfallte Mitarbeiter haben die Konstruktionsmerkmale Aufstieg, Tür, Zugänge, Beleuchtung und Sicht erheblich häufiger genannt als die übrigen Mitarbeiter. Dafür wurden die Konstruktionsmerkmale „Kabine“ und „Fahrersitz“ seltener angegeben. Aus dieser Verteilung lassen sich Rückschlüsse über die Ursachen der konstruktionsbedingten Unfälle ziehen, da einige Konstruktionsmerkmale von den verunfallten Mitarbeitern häufiger genannt werden als von denen ohne Unfall. Abbildung 7-9 stellt die Details der Auswertung dar.

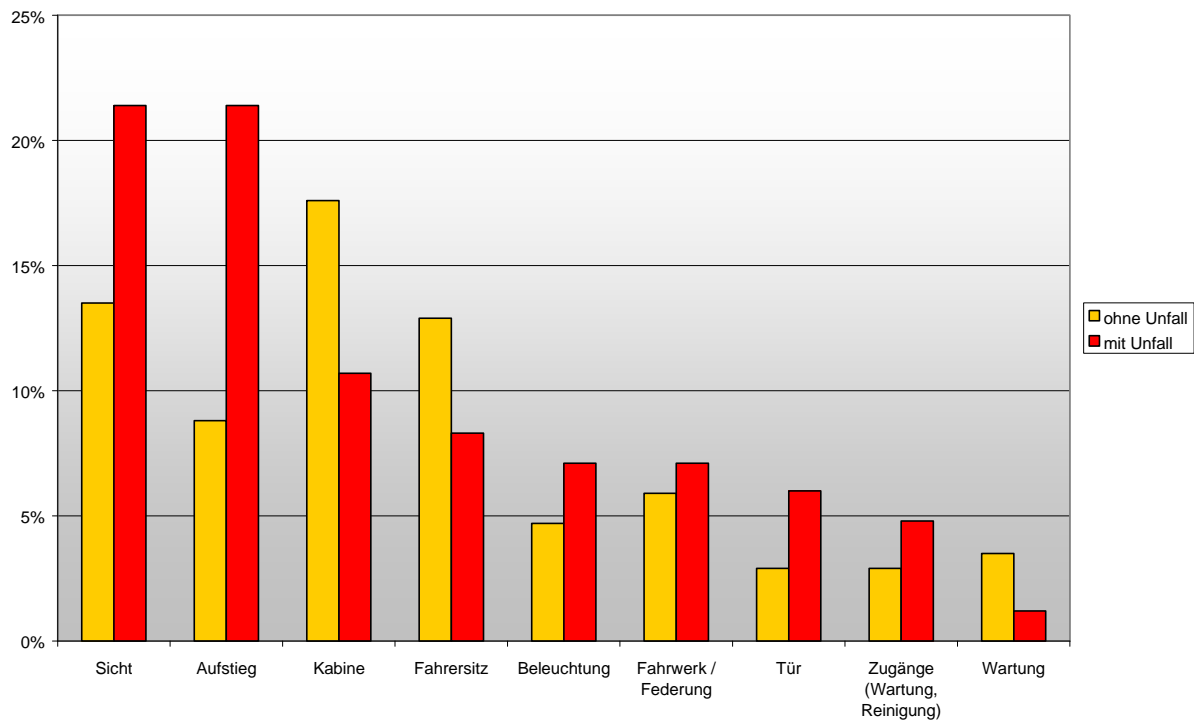


Abbildung 7-9: Auswertung Mitarbeiter besonders unzufrieden mit Konstruktionsmerkmal

#### 7.4.5 Förderpreise der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft

Im Rahmen der Umfrage in den Betrieben sollte die Geschäftsleitung / der Unternehmer Angaben zu den Förderpreisen der StBG machen. Anzugeben war, welche dieser Vorschläge bekannt sind und welche im Betrieb umgesetzt wurden.

Das Ergebnis der Umfrage zeigt, dass ca. 50 % der genannten Verbesserungsvorschläge in den Betrieben bekannt sind, die Umsetzung aber mit einem Anteil zwischen 5 und 15 % erheblich seltener stattgefunden hat. Am häufigsten erfolgte die Einführung des Gurtzwanges für SKW und Radlader sowie des flexiblen Anfahrschutzes für Kippstellen. Beim „sicheren Aufstieg für Radladerkabinen“ ist nicht davon auszugehen, dass alle Betriebe, die hier eine Umsetzung angaben, auch wirklich die Konstruktion der Firma „Anneliese Zement“ an ihren Radladern nachgerüstet haben.

Die nachfolgende Grafik zeigt im Einzelnen das Ergebnis der Auswertung.

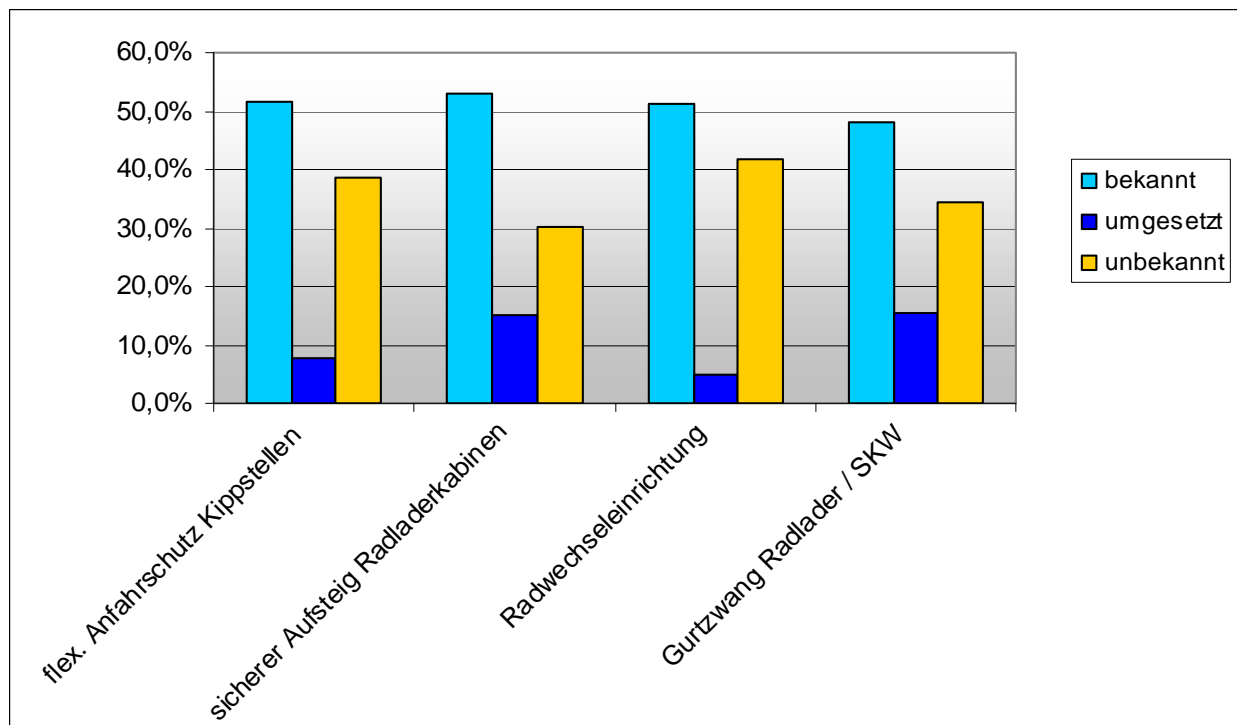


Abbildung 7-10: Auswertung Bekanntheitsgrad und Umsetzung der StBG-Förderpreise

## 7.5 Fazit der Fragebogenauswertung

Die Auswertung der Fragebögen bestätigt die Ergebnisse der Unfallanalyse aus Kapitel 3. Auch hier lässt sich als Unfallschwerpunkt der Aufstieg ausmachen. Dies trifft insbesondere für Radlader und Bagger zu. Demzufolge besteht für diese dringender Handlungsbedarf für das Konstruktionsmerkmal „Aufstieg“. Wichtige Eckpunkte bei der Modifikation des Aufstiegs sind: Verringerung der Aufstiegshöhe auf unter 550 mm mit entsprechender Änderung der Norm „access systems“. Die Neigung des Aufstiegs sollte maximal 75° betragen. Noch optimaler ist allerdings die Ausführung als Treppe, wie in Abbildung 5-2 gezeigt. Zusätzlich ist der Übergang Aufstieg / Kabine so zu gestalten, dass dem Geräteführer beim Öffnen und Schließen der Kabinentür eine ausreichend große und sichere Standfläche auf dem Gerät zur Verfügung steht. Die Auswertung der Fragebögen zeigte, dass von vielen Geräteführern der Türanschlag sowie das Öffnen und Schließen der Kabinentür von einer Standposition auf der Aufstiegsleiter bemängelt wurden.

Weiterhin zeigt die Auswertung, dass die Sichtverhältnisse, insbesondere bei Radladern, ungenügend sind, vor allem bei der Rückwärtsfahrt. Die Umfrage ergab hier den vermehrten

Wunsch nach einer serienmäßig eingebauten Rückfahrkamera sowie größeren Spiegeln z.B. an der Sonnenblende.

Die Reinigung der Geräte gestaltet sich aufgrund von zu wenigen und nicht ausreichend groß dimensionierten sicheren Standflächen problematisch. Die Geräteführer bemängeln hier nicht nur die teilweise schlechte Zugänglichkeit zur Front- und Rückscheibe sondern auch teilweise mangelhafte Kotflügel, die den von den Reifen aufgewirbelten Schmutz nicht ausreichend zurückhalten und so zu einer zusätzlichen Verschmutzung der Verglasung und des Aufstiegs beitragen. Weiterhin wurde bemängelt, dass bei einigen Geräten eine Regenrinne am Kabinendach fehlt, was dazu führt, dass schmutziges Wasser vom Dach der Kabine über die Frontscheibe abläuft und die Sicht bei Regen zusätzlich behindert. Außerdem sind bei einigen Geräten die Scheibenwischer zu klein dimensioniert.

Die Auswertung hat weiterhin ergeben, dass die Kabinenmaße für Geräte der unteren und mittleren Leistungsklasse häufig als zu gering bewertet werden. Dadurch ergeben sich zusätzliche Unfallquellen in Verbindung mit dem nicht vorhandenen Gurtzwang bei Radladern. Gerade bei diesen Geräten kommt es immer wieder zum Anprall des Fahrers gegen Teile der Kabine infolge von Erschütterungen, hervorgerufen durch Fahrbewegungen und / oder Ladetätigkeit. Ein weiterer Nachteil der kleinen Fahrerinnenkabinen ist, dass sich die Geräteführer beim Einsteigen oder Verlassen der Kabine stoßen und es außerdem bei einigen Geräten zu Problemen mit der Belüftung kommt, was sich im Winter oder bei nasskalter Witterung durch Beschlagen der Scheiben bemerkbar macht.

## **8 Analyse der Bandanlagen- und Brecherunfälle im Tagebau und in der Aufbereitung**

Die Auswertung der Unfallzahlen hat ergeben, dass sich nur ein Teil der Unfälle beim Umgang mit Erdbaumaschinen ereignet. Ein weiterer Anteil ist den Gerätetypen Stetigförderer (Bandanlagen) und Brecher zuzuschreiben. Diese Maschinen sind in fast jedem Betrieb der Rohstoffgewinnung und des Recycling zu finden. Im Rahmen dieser Arbeit soll eine Gesamtanalyse und Bewertung des Gefahrenpotentials erfolgen, welches von den mobilen und stationären Maschinen zur Rohstoffgewinnung und Aufbereitung in Tagebauen ausgeht. Vor diesem Hintergrund werden in diesem Kapitel die Bandanlagen- und Brecherunfälle analysiert. Die Vorgehensweise bei der Auswertung wird analog zu dem Verfahren erfolgen, welches bereits bei den Mobilgeräten zum Einsatz kam. Bei den Daten aus den USA erfolgt eine weitere Unterteilung nach dem Standort der Anlagen. Diese Informationen sind in den Unfallrohdaten für diese Analyse hinterlegt. Unterschieden wird zwischen dem Betriebsstandort Tagebau und dem Bereich der Aufbereitung. Grundlage für die nachfolgenden Ergebnisse waren Unfälle mit mindestens einem Ausfalltag.

### **8.1.1 Analyse des Unfallgeschehens beim Umgang mit Bandanlagen im Tagebau und der Aufbereitung (USA)**

Zu Beginn der Unfallauswertung erfolgt die Einteilung in die Bereiche „Konstruktion“ und „Betrieb“ analog zu der bereits vorgestellten Vorgehensweise bei der Auswertung der Unfälle mit Mobilgeräten. Dabei stellt sich heraus, dass sich nahezu kein Unfall in den Bereich der konstruktiven Unfälle einteilen lässt. Für den Bereich der Konstruktion findet sich nur das Merkmal „Aufstieg“, welches mit einem Anteil von 4 Unfällen und 258 Ausfalltagen zwar eine durchschnittliche Ausfallzeit von 64,5 Tagen hervorruft, aber im Bezug auf die Gesamtanzahl der Unfälle beim Umgang mit Bandanlagen vergleichsweise selten auftritt. Daher kann eine detaillierte Darstellung der konstruktionsbedingten Unfälle bei Bandanlagen nicht erfolgen.

Demnach tragen die betriebsbedingten Unfälle bei den Bandanlagen mit einem Anteil von 93 % hauptsächlich zum Unfallgeschehen bei der Verwendung von Bandanlagen bei. Die betriebsbedingten Unfälle lassen sich in insgesamt neun unterschiedliche Merkmale einteilen:

- Einstellarbeiten
- Einzug von Körperteilen bzw. geklemmt
- herabfallendes Material



- Instandhaltungsarbeiten
- kein sicheres Stillsetzen der Anlage vor Beginn der Arbeiten
- Reinigungsarbeiten
- Sturz auf / von Gerät
- Transport
- Steinflug

Bei der Auswertung stellt sich der Einzug von Körperteilen bzw. das Klemmen von Körperteilen als Unfallschwerpunkt heraus. Diesem Merkmal lassen sich nicht nur die meisten Unfälle sondern auch die größte Anzahl von Ausfalltagen zuordnen. Interessant dabei ist, dass sich der Einzug von Körperteilen nicht nur an eingeschalteten Bandanlagen ereignet. Auch bei abgeschalteten Bandanlagen kommt es infolge von Wartungs- oder Reinigungsarbeiten in der Nähe des Gurtes immer wieder zu Unfällen. Die Ursache dafür ist die Bewegung des Gurtes bei Belastungs- und Gurtspannungsänderungen. Diese kann bereits durch das Betreten des Gurtes ausgelöst werden und führt dazu, dass sich Abschnitte des Gurtes um kurze Distanzen bewegen. Dabei kommt es immer wieder zum Klemmen der Finger zwischen Tragrolle und Gurt bzw. sogar zum Einguetschen des Körpers bei Arbeiten im Bereich der Umlenktrammel.

Ein weiterer Unfallschwerpunkt ist die Unfallursache „Sturz auf / von Gerät“, die als zweithäufigste Ursache auftritt. Diese Unfälle sind den Unfallbeschreibungen nach nicht dem Aufstieg der Bandanlage zuzuschreiben, sondern ereignen sich meist auf den Laufstegen bzw. stürzt der Mitarbeiter bei der Durchführung von Reinigungs- und Wartungsarbeiten von den Plattformen oder Laufstegen herunter. Eine weitere Ursache ist, dass die Mitarbeiter teilweise nicht die vorgesehenen Aufstiegswege nutzen und stattdessen die Bandleiste oder ähnliche Elemente des Förderers als Arbeitsplattform oder Aufstieg wählen.

Die nachfolgende Abbildung 8-1 stellt den Zusammenhang zwischen der Anzahl der Unfälle und der Anzahl der Ausfalltage für das jeweilige Merkmal dar. Der Unterschied zwischen Steinflug und herabfallendem Material besteht darin, dass bei dem erstgenannten Merkmal Material durch den Gurt beim Einklemmen zwischen Gurt und Tragrolle/Umlenkrolle stark beschleunigt wird, währenddessen das Material im zweiten Fall nur Aufgrund der Schwerkraft vom Gurt zu Boden fällt.

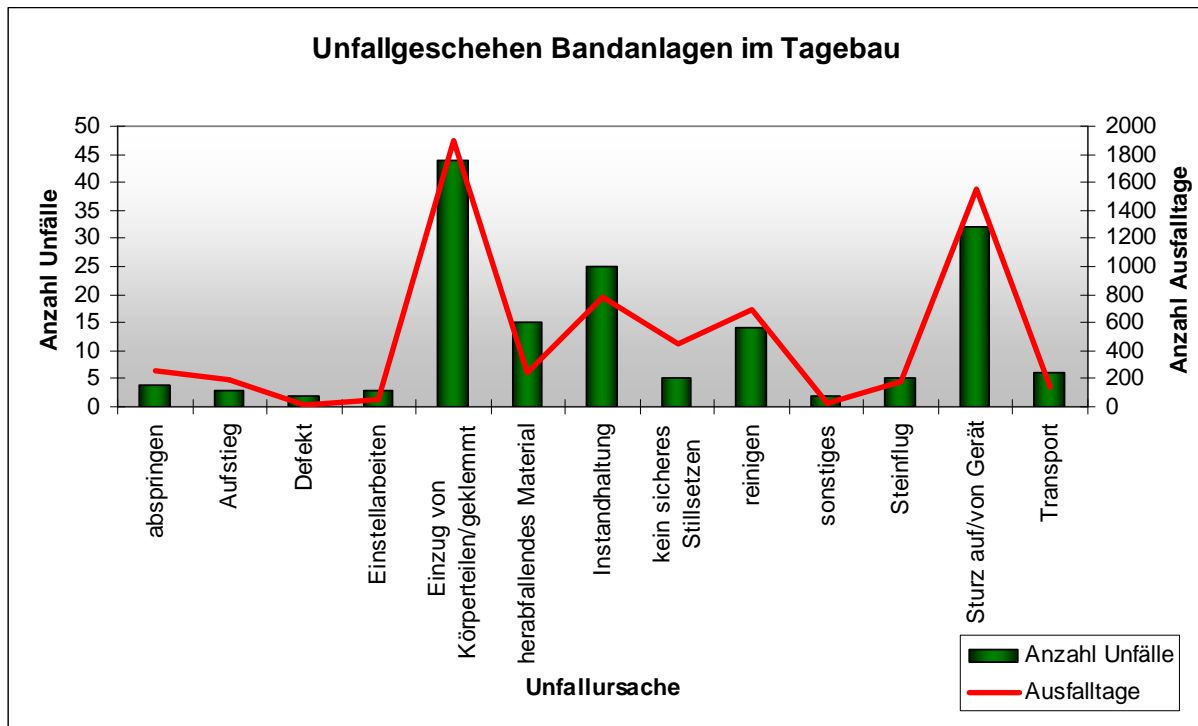


Abbildung 8-1: Darstellung von Unfallhäufigkeit und Ausfalltagen bei Unfällen an Bandanlagen im Tagebau (USA)

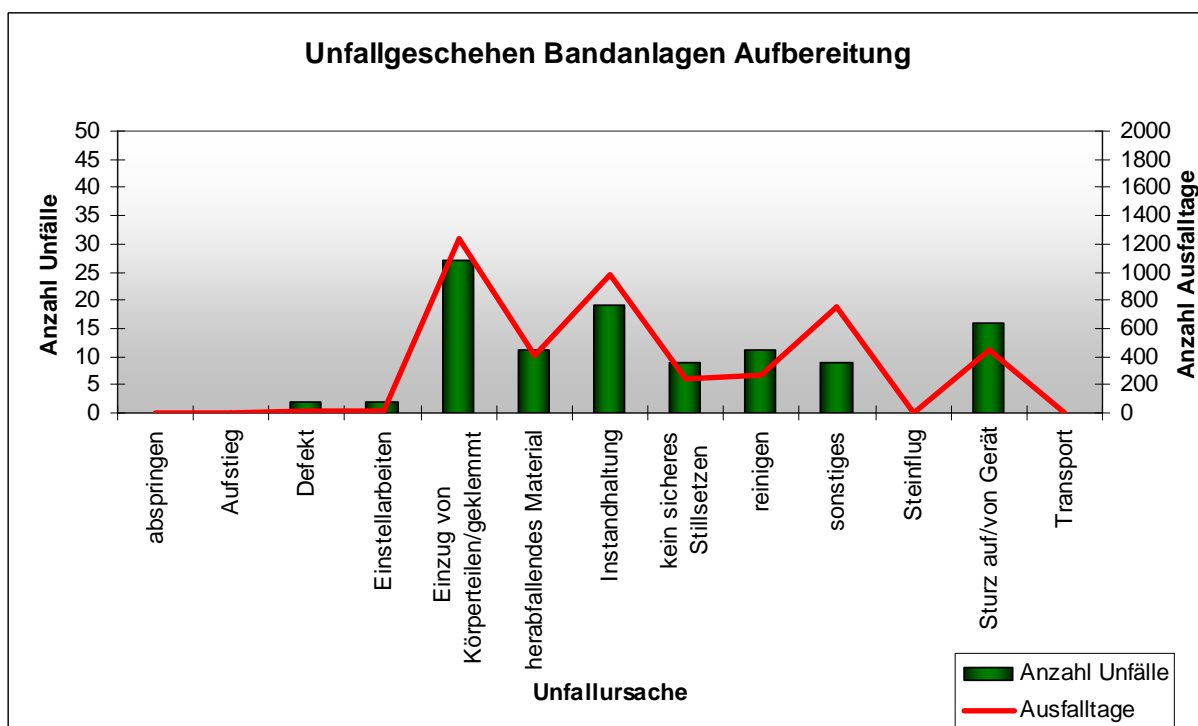


Abbildung 8-2: Darstellung von Unfallhäufigkeit und Ausfalltagen bei Unfällen an Bandanlagen im Bereich der Aufbereitung (USA)

In Abbildung 8-2 sind zum Vergleich die Unfälle beim Umgang mit Bandanlagen im Bereich der Aufbereitung dargestellt. Im Gegensatz zu den Unfällen, die sich im Tagebau ereignet haben, lässt sich hier kein eindeutiger Unfallschwerpunkt herausfinden. Unfälle durch Einzug von Körperteilen bzw. Klemmen treten zwar am häufigsten auf, jedoch ist der Unterschied in der Häufigkeit zu den übrigen Unfalltypen nur gering. Weiterhin bleibt festzuhalten, dass sich insgesamt im Bereich der Aufbereitung erheblich weniger Unfälle ereignet haben. Mögliche Ursachen dafür können sein:

- Verringerung der Sturzunfälle durch bessere Laufstege und Zugänglichkeit, wie z.B. vorhandene Arbeitsbühnen
- Anlagen können sicherer stillgesetzt und vor unbefugtem Einschalten gesichert werden
- Anlage wird weniger häufig verändert bzw. wechselt den Standort gegenüber Anlagen im Tagebau. Dadurch bessere Vertrautheit der Mitarbeiter mit evtl. vorhandenen Gefahrenpunkten
- Rotierende Anlagenteile sind häufig besser eingehaust

Insgesamt ergibt die Auswertung, dass der Stand der Arbeitssicherheit bei stationären Bandanlagen offenbar höher ist als bei Anlagen, die in gewissen Zeitabständen in Abhängigkeit des Abbaufortschrittes umgesetzt werden.

### **8.1.2 Analyse des Unfallgeschehens beim Umgang mit Bandanlagen (Deutschland)**

Die nachfolgende Abbildung 8-3 zeigt die Zusammensetzung des Unfallgeschehens beim Umgang mit Bandanlagen im Bereich der übertägigen Rohstoffgewinnung und des Recycling in Deutschland. Der Untersuchung liegen die Unfalldaten der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft aus den Jahren 2005 und 2006 zugrunde. Im Gegensatz zu den Daten aus den USA liegt keine Trennung zwischen Tagebau und Aufbereitung vor. Im betrachteten Zeitraum ereigneten sich insgesamt 162 Unfälle im Zusammenhang mit Bandanlagen. Davon sind 44 Unfälle auf Instandhaltungsarbeiten zurückzuführen. Damit trägt die Instandhaltung am meisten zum Unfallgeschehen bei. An zweiter Stelle sind mit je 26 Unfällen Reinigungsarbeiten und Einzug von Körperteilen bzw. Klemmen und Quetschen zu nennen. Die Ursache für diese Unfälle ist häufig das Arbeiten an laufenden Anlagen. Dabei kommt es immer wieder dazu, dass Arbeitsgeräte oder aber die Kleidung des Verunfallten vom Gurt erfasst werden. Dem Arbeiter ist es aufgrund der Gurtgeschwindigkeit nicht möglich, das Werkzeug noch rechtzeitig loszulassen bzw. die Kleidung wieder aus dem Gurt

herauszuziehen. Die Folge ist, dass Arme oder Finger zwischen Gurt und Trag- oder Umlenkrollen erfasst werden.

Insgesamt ist im Vergleich zu den Unfällen aus den USA eine gleiche Grundtendenz erkennbar. Auch in Deutschland ereignen sich die meisten Unfälle durch Instandhaltung, Einzug von Körperteilen, Reinigungsarbeiten und Sturz auf bzw. von dem Gerät. Die geringen Unterschiede in der Unfallverteilung lassen sich mit der unterschiedlichen Zusammensetzung der Unfalldaten erklären. Im Gegensatz zu den Daten aus den USA lagen bei der Analyse der deutschen Daten keine Informationen über die Ausfallzeiten der Verunfallten Personen vor. Bei 40 Unfällen war entweder die Unfallbeschreibung unklar oder aber ein direktes Zurückführen auf den Umgang mit der Bandanlage nicht möglich. Positiv festzustellen bleibt die geringe Anzahl der Unfälle, die sich durch herabfallendes Material, die Benutzung der Aufstiege und das fehlende sichere Stillsetzen ereignet haben.

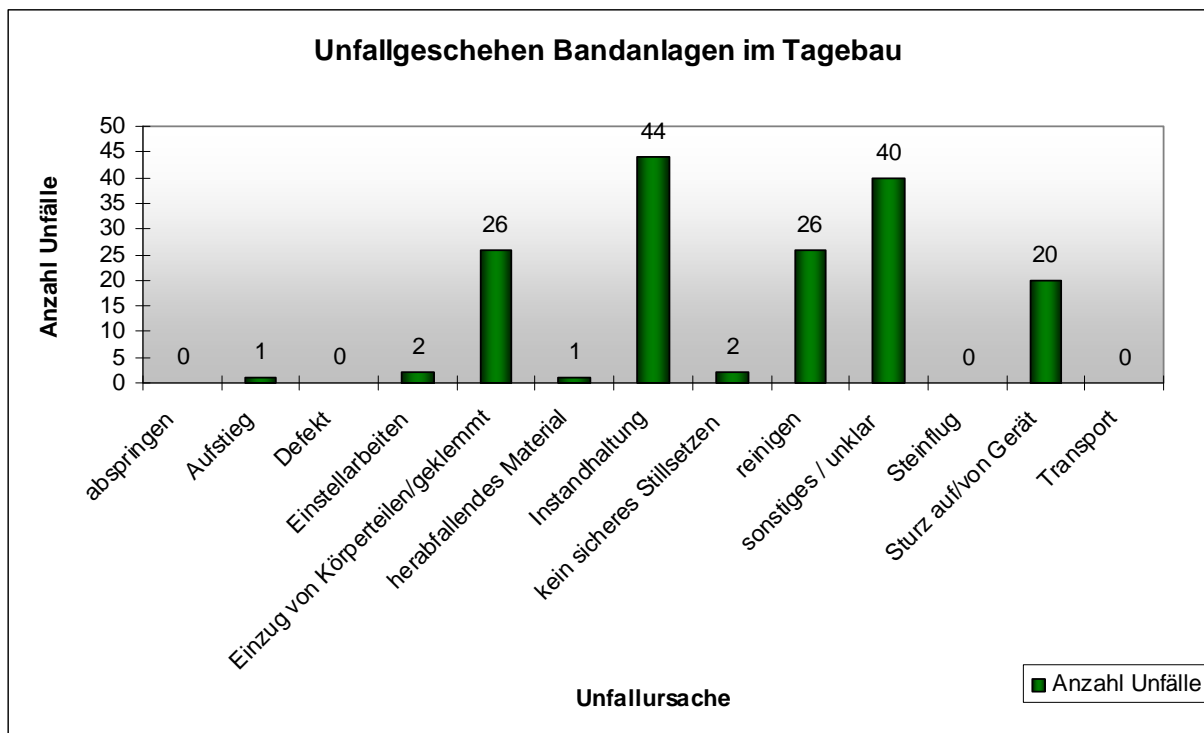


Abbildung 8-3: Darstellung des Unfallgeschehens beim Umgang mit Bandanlagen in Deutschland

### 8.1.3 Lösungsvorschläge zur Verbesserung der Arbeitssicherheit beim Umgang mit Bandanlagen

Die Ergebnisse aus der Analyse der Unfälle beim Umgang mit Bandanlagen zeigen, dass den Mitarbeitern in den Betrieben nach wie vor nicht immer die Gefahren bekannt sind, die von

diesen Anlagen ausgehen. Insbesondere die schweren und zum Teil tödlichen Unfälle könnten durch bessere Schulung und Einweisung verringert werden. Die Unfälle durch Einzug von Körperteilen bzw. Quetschen sind als Hauptursache zu nennen. Die Mitarbeiter müssen dafür sensibilisiert werden, dass Reinigungs- und Einstellarbeiten an laufenden Bandanlagen mit erheblichen Gefahren verbunden sind und daher nur bei stillgesetzten Anlagen erfolgen dürfen. Wie die Analyse weiter ergibt, reicht ein einfaches Abschalten der Bandanlage nicht, da ein Wiedereinschalten auch von anderen Positionen entlang des Förderers ohne das Wissen des arbeitenden Mitarbeiters erfolgen kann. Stillgesetzte Bandanlagen sind daher immer mit einem Schloss durch den Arbeiter zu sichern. Nur so kann ein unbefugtes Wiedereinschalten verhindert werden (Abbildung 8-4).

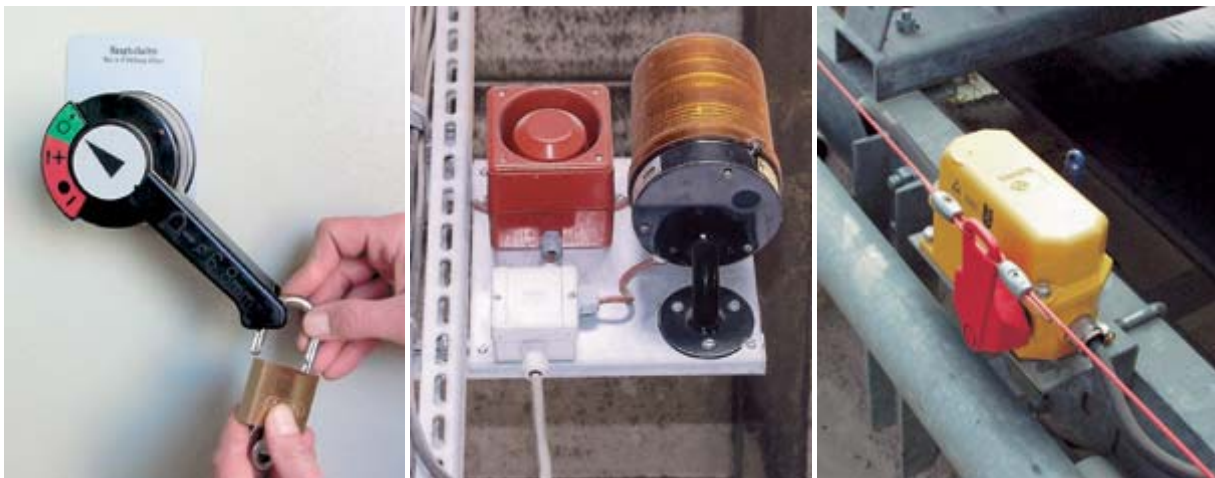


Abbildung 8-4: Hauptschalter mit Schloss (links), Anlaufwarneinrichtung (Mitte), Reißleinenschalter/Not-Aus (rechts) [8]

Auch bei stillgesetzten Anlagen sollte das Betreten des Gurtes bzw. das Anfassen der Gurtkante in der Nähe der Tragrollen vermieden werden. Bei Bandanlagen ist auch im abgeschalteten Zustand mit Bewegungen aufgrund von Laständerungen zu rechnen. Diese Bewegungen können bereits zum Einklemmen von Fingern oder Händen führen. Bandanlagen sind generell mit Anlaufwarneinrichtungen auszustatten. Diese können optisch oder akustisch ausgeführt werden und sollten eine Vorlaufzeit vor Anlaufen der Bandanlage von ca. 15 sec. haben. Weiterhin sind Bandanlagen mit einer Reißleine für den Not-Aus-Schalter über die gesamte Anlagenlänge auszustatten (Abbildung 8-4). Überschüttungen und damit Reinigungsarbeiten im Bereich der Umlenktrommeln können durch Drehzahlüberwachungseinrichtungen an den Bandanlagen vermieden werden.

Für Wartungsarbeiten sollte bei schlechter Zugänglichkeit insbesondere bei größeren Arbeitshöhen auf entsprechende sichere Hilfsmittel wie Hebebühnen oder Leitern

zurückgegriffen werden. Ein Aufstieg über die Konstruktion der Anlage ist immer mit der Gefahr des Abrutschens verbunden. Die spiegelt sich auch in den Unfallzahlen wieder. Stationäre Bandanlagen sind mit beidseitigem Laufsteg mit sicherem Gelände auszurüsten. Im Bereich des Tagebaus ist dies insbesondere bei Bandanlagen, die häufiger gerückt werden müssen, nicht realisierbar.

Mitarbeiter sollten sich generell nicht unter laufenden Bandanlagen aufhalten, da immer mit herabfallendem Haufwerk gerechnet werden muss. Im Bereich der Umlenktrommeln besteht außerdem Gefahr durch Steinflug, wenn Material zwischen Gurt und Umlenktrommel eingeklemmt wird. Rotierende Anlagenteile müssen im Bereich der Umlenktrommeln und Laufstege (Verkehrswege) so eingehaust sein, dass von ihnen keine Gefahr für Personen ausgeht.

#### **8.1.4 Analyse des Unfallgeschehens beim Umgang mit Brechern im Tagebau und der Aufbereitung (USA)**

In den meisten Tagebauen der Rohstoffindustrie befindet sich der Vorbrecher im Bereich des Abbaus. Die Aufgabe des Vorbrechers ist es das aufgegebene Material soweit zu zerkleinern, dass es nachfolgend mit einer Bandanlage der Aufbereitung zugeführt werden kann. In Abhängigkeit von der Größe der Lagerstätte und dem Abbaufortschritt kommt entweder ein stationärer, semimobiler oder mobiler Vorbrecher zum Einsatz. Beim Betrieb und der Wartung dieser Maschinen kommt es immer wieder zu Unfällen.

Im untersuchten Zeitraum von 2001 bis 2003 ereigneten sich insgesamt 102 Unfälle mit mindestens einem Ausfalltag beim Umgang mit Brechern im Tagebau. Für die weitere Analyse werden die Unfälle in verschiedene Kategorien eingeteilt:

- Aufstieg
- Türen / Klappen
- Einstellarbeiten
- Einzug von Körperteilen / geklemmt
- herabfallendes Material
- Instandhaltung
- kein sicheres Stillsetzen
- Reinigen
- Sturz auf/von Gerät

- Transport
- Steinflug
- Sonstige

Die nachfolgende Abbildung 8-5 zeigt die Anzahl der der Unfälle und die Ausfalltage für die jeweilige Kategorie. Die meisten Unfälle haben sich demnach bei der Instandhaltung der Anlagen ereignet, während die meisten Ausfalltage in der Kategorie „Sturz auf/von Gerät“ zu verzeichnen sind. Bemerkenswert hoch ist auch die Anzahl der Unfälle durch Reinigungsarbeiten. Die Ursachen dafür sind häufig Unkenntnis, Leichtsinn und der Zeitdruck, unter dem die Arbeiten durchgeführt werden. Zum Teil wird der Brecher während des Betriebes von Hand gereinigt oder es wird selbstgebautes Werkzeug in Verbindung mit einem Radlader oder Hydraulikbagger zur Verstopferbeseitigung verwendet.

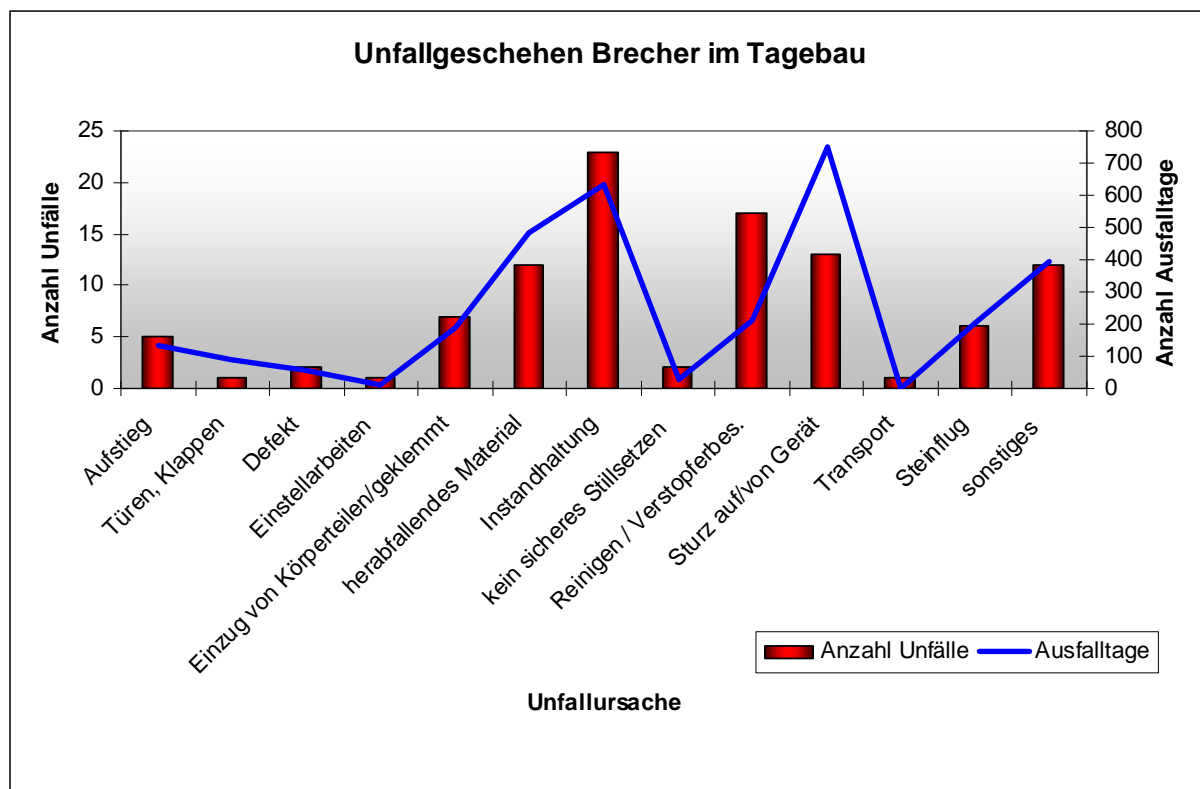


Abbildung 8-5: Darstellung von Unfallhäufigkeit und Ausfalltagen bei Unfällen an Brechern im Tagebau (USA)

Bei den Brecherunfällen im Bereich der Aufbereitung lässt sich ein ähnlicher Trend wie bei den Unfällen im Umgang mit Bandanlagen erkennen. Auch bei den Brechern bleibt festzuhalten, dass die Unfallzahlen im Bereich der Aufbereitung geringer sind als im Tagebau. Am meisten Unfälle haben sich bei der Instandhaltung ereignet, die auch mit der Anzahl der Ausfalltage den Spitzenwert erreicht. Am zweithäufigsten ereignen sich Unfälle durch Sturz von bzw. auf dem

Brecher. Insgesamt ist auch bei den Brechern davon auszugehen, dass bei den stationären Anlagen im Bereich der Aufbereitung offenbar ein höherer Stand der Arbeitssicherheit erreicht wird als bei den Anlagen im Tagebau.

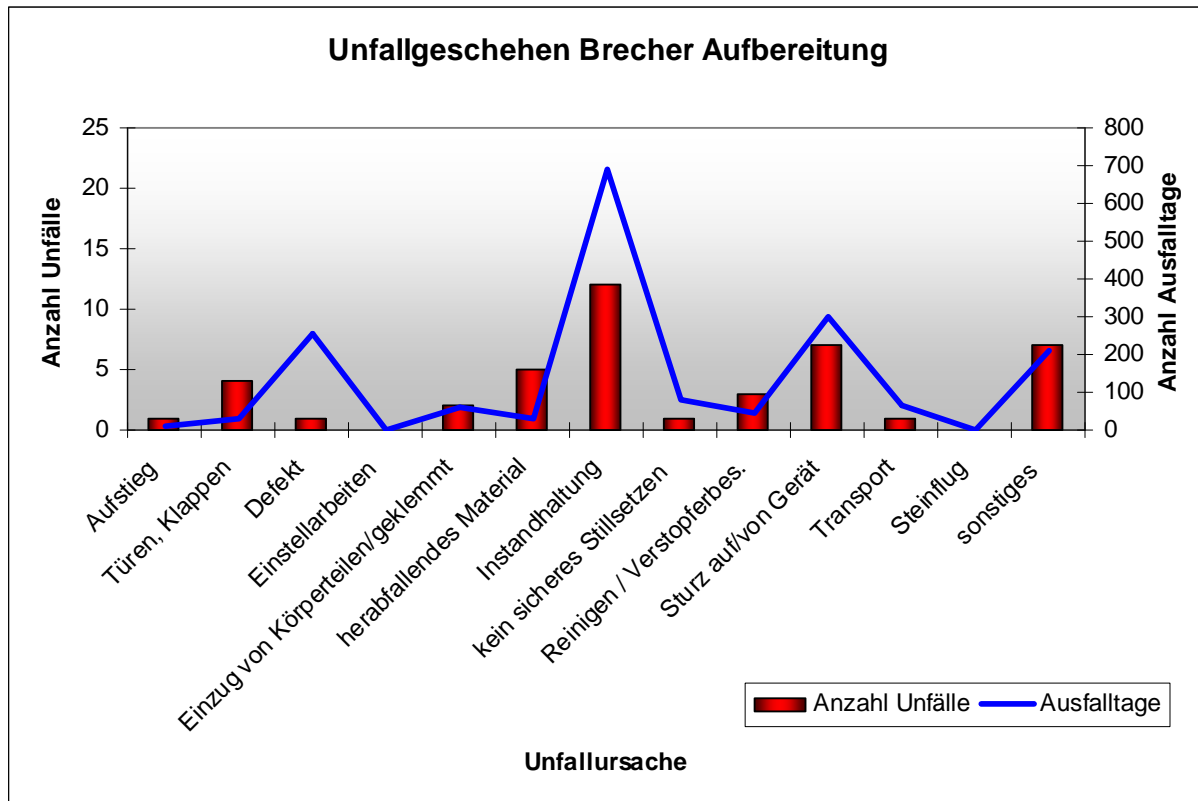


Abbildung 8-6: Darstellung von Unfallhäufigkeit und Ausfalltagen bei Unfällen an Brechern in der Aufbereitung (USA)

### 8.1.5 Analyse des Unfallgeschehens beim Umgang mit Brechern in Deutschland

Die nachfolgende Abbildung 8-7 zeigt die Zusammensetzung des Unfallgeschehens beim Umgang mit Brechern im Bereich der übertägigen Rohstoffgewinnung und des Recycling in Deutschland. Der Untersuchung liegen die Unfalldaten der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft aus den Jahren 2005 und 2006 zugrunde. Im Gegensatz zu den Daten aus den USA findet keine Trennung zwischen Tagebau und Aufbereitung statt. Im betrachteten Zeitraum ereigneten sich insgesamt 173 Unfälle im Zusammenhang mit Brechern. Einen Schwerpunkt mit insgesamt 53 Unfällen bilden Reinigungsarbeiten bzw. Verstopferbeseitigungen. Bei zu großer Stückigkeit des zu brechenden Materials kann es vorkommen, dass sich Gesteinsbrocken in der Zuführung zum Brecher verkanten und damit den weiteren Materialfluss blockieren. Die Mitarbeiter versuchen nun, diese Störung per Hand, z.B. mit einer Brechstange oder mit selbstgebauten



Hilfsmitteln zu beseitigen. Dabei kommt es nicht selten vor, dass dabei die Mitarbeiter bei laufender Anlage im Brechereinflauf stehen, um von dort die Materialblockierung zu beseitigen. Damit tragen diese Arbeiten am meisten zum Unfallgeschehen bei. An zweiter Stelle sind mit 38 Unfällen Instandhaltungsarbeiten zu nennen. Ein Grund dafür ist in der Reparaturunfreundlichkeit der Anlagen zu suchen.

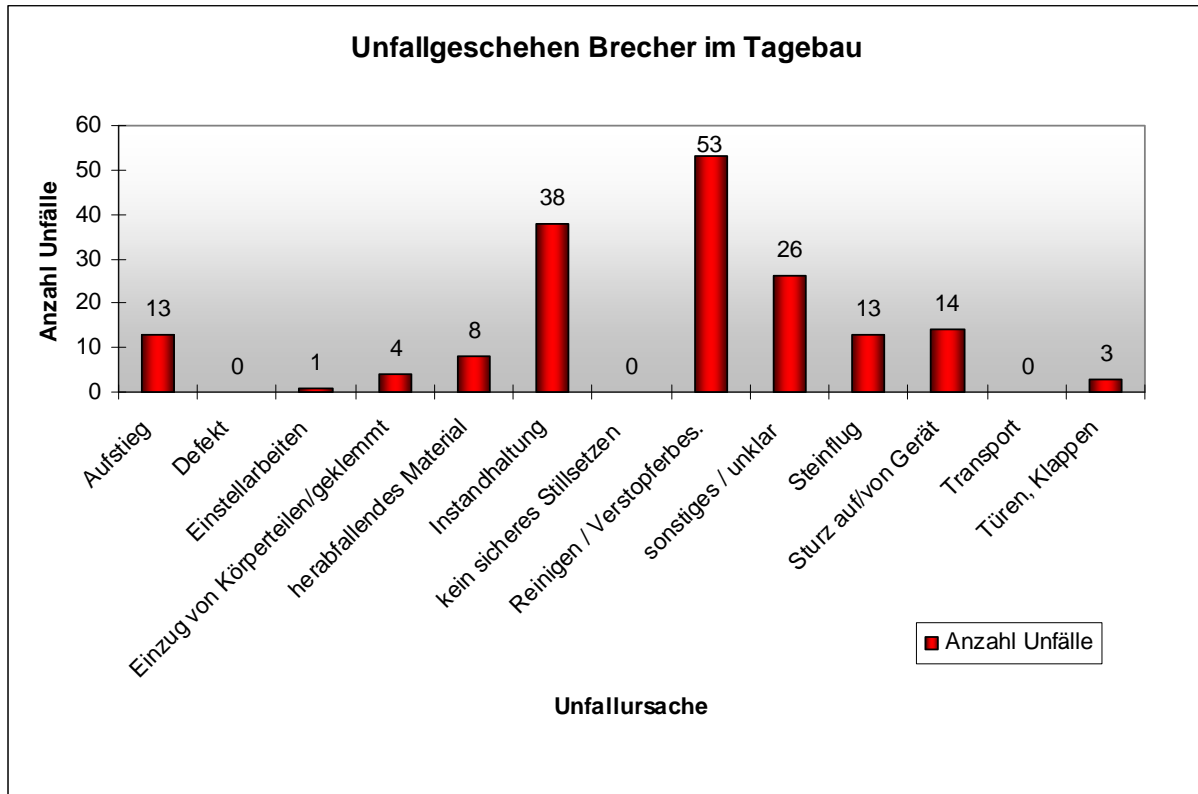


Abbildung 8-7: Darstellung des Unfallgeschehens beim Umgang mit Brechern in Deutschland

Unter der Unfallursache Steinflug sind hier auch Unfälle aufgeführt, bei denen umherfliegende Metallteile den Arbeiter verletzt haben. Diese Unfälle ereigneten sich in den Recyclingbetrieben beim Brechen von armierten Betonteilen.

Insgesamt ist im Vergleich zu den Unfällen aus den USA eine ähnliche Grundtendenz erkennbar. In Deutschland ereignen sich die meisten Unfälle bei der Verstopferbeseitigung, in den USA hingegen bei der Instandhaltung. Stürze vom Gerät und Unfälle durch herabfallendes Material ereignen sich im Vergleich jedoch seltener. Bei 26 Unfällen ist der Unfallhergang unklar bzw. lassen sich diese nicht direkt auf den Umgang mit der Anlage zurückführen. Positiv festzuhalten bleibt, dass sich im Gegensatz zu den Unfällen in den USA in Deutschland kein Unfall durch nicht sicheres Stillsetzen des Brechers ereignet hat. Leider kommt es aber auch in Deutschland immer noch zu Unfällen durch Absturz vom Gerät bzw. bei der Benutzung der Aufstiege. Hier besteht immer noch Handlungsbedarf um die Zugänglichkeit zu den Wartungsstellen sicherer zu gestalten.

Im Gegensatz zu den Daten aus den USA lagen bei der Analyse der deutschen Daten keine Informationen über die Ausfallzeiten der verunfallten Personen vor.

#### **8.1.6 Lösungsvorschläge zur Verbesserung der Arbeitssicherheit beim Umgang mit Brechern**

Die Auswertung der Unfälle zeigt, dass insbesondere bei den Brechern im Tagebau die Arbeitssicherheit verbessert werden muss. Dies gilt insbesondere für Instandhaltungs- und Reinigungsarbeiten, aber auch für die Aufstiege und Zugänge zu den Maschinen. Die Maschinen sind so zu konstruieren und auszurüsten, dass ein sicheres Stillsetzen und ein Schutz gegen unbefugtes Wiedereinschalten möglich sind. Weiterhin müssen folgende Bauteile konstruktiv gegen ungewollte Bewegung gesichert werden können:

- Rotor des Schlagleistenbrechers
- Schwungrad des Brechers
- Verschleißplatten, Brechbacken

Die Unfallanalyse hat hier gezeigt, dass ein durch das Körpergewicht des Mitarbeiters in Bewegung versetzter Rotor vom Mitarbeiter nicht mehr zum Stehen gebracht werden kann. Dies hat in einigen Fällen sogar zu tödlichen Unfällen durch Einquetschen des Körpers geführt.

Für Arbeiten in den Brechern sind passende Arbeitsbühnen anzufertigen bzw. vom Hersteller zur Verfügung zu stellen, um dem Mitarbeiter einen sicheren Stand im Brecher zu gewährleisten.

Brecher sind nach Möglichkeit mit entsprechenden Hilfseinrichtungen (Hydraulikmeißel, Abbildung 8-8) zur Knäpper- und Verstopferbeseitigung auszurüsten. Dadurch wird der unfallträchtige Einsatz von selbstgebaute Werkzeug oder gar das Betreten des Brechers während des Betriebes verhindert. Weitere Voraussetzungen für sichere Instandhaltungsarbeiten ist eine reparaturfreundliche Gestaltung der Maschinen durch den Hersteller. Zum anderen ist es notwendig, dass das Bedienungs- und Reparaturpersonal in der Handhabung, Wartung, Reparatur und Instandsetzung der Maschinen durch Bedienungsanleitungen und Unterweisungen grundlegend geschult sein muss und dass die notwendigen Hilfsmittel wie z.B. Krane, um Verschleißteile besser handhaben zu können, zur Verfügung stehen. Für die Durchführung der Arbeiten sind außerdem sichere Aufstiege und

Laufstege erforderlich. So kann das Unfallrisiko deutlich minimiert oder gar ganz beseitigt werden. [11]

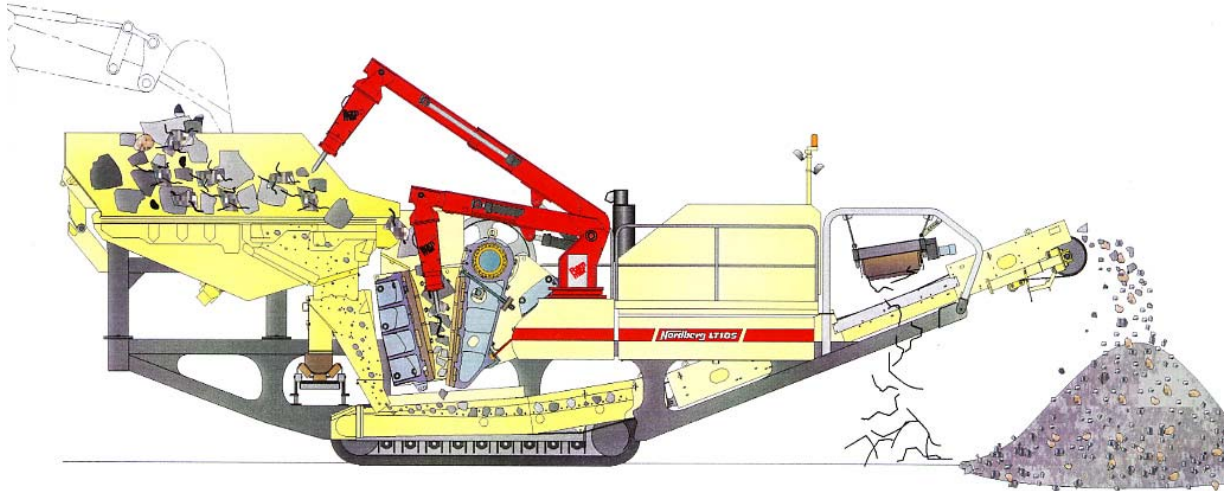


Abbildung 8-8: Mobilbrecher mit Hydraulikhämmern (rot) zur Knäpperzerkleinerung und Verstopferbeseitigung [9]

## 9 Zusammenfassung und Ausblick

Der Betrieb von Mobilgeräten wie Radlader, Muldenkipper und Dumper stellt bei der Produktion in den Betrieben der Baustoffindustrie eine Gefahrenquelle dar. Die Gefahren, die durch den Einsatz mobiler Geräte auftreten, können direkter oder indirekter Art sein. Direkte Gefahren stellen alle Arten von Unfällen dar. Betroffen können sowohl die Betriebsmittelführer selbst, beispielsweise durch Unfälle oder Absturz von ihren Geräten, als auch unbeteiligte Dritte sein, die von Fahrzeugen angefahren oder überfahren werden. Zudem gehen auch von Reparatur- und Instandsetzungsarbeiten an Fahrzeugen immer wieder Gefahren für das Personal aus. Gefahren indirekter Art stellen Erkrankungen dar, die aufgrund dauerhafter und ergonomisch problematischer Belastungen hervorgerufen werden. Obgleich sowohl die Anzahl der Arbeitsunfälle insgesamt als auch die der tödlichen Unfälle in den letzten Jahren gesenkt werden konnten, sind die Zahlen weiterhin zu hoch. Unfälle gefährden nicht nur das Leben von Personen, sie verhindern auch die Ausführung von Aufträgen, belasten das Unternehmen und ziehen Kosten nach sich.

Betrachtet man die Gestaltung der Erdbaumaschinen, so fällt auf, dass die Hersteller beispielsweise bei der Konstruktion von Radladern stets am ursprünglichen Grunddesign festgehalten haben und grundlegende Veränderungen, z. B. bei den Aufstiegen bisher nicht stattfanden.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden daher aktuell eingesetzte Mobilgeräte verschiedener Hersteller auf Schwachstellen hinsichtlich der Unfallgefahr und Problemen mit der Ergonomie untersucht. Zusätzlich erfolgte die Analyse und Vergleich der aktuell gültigen deutschen und internationalen Richtlinien, UVVen und Normen im Hinblick auf die sicherheitstechnische Gestaltung von Erdbaumaschinen. Dabei stellte sich heraus, dass die europäische Maschinenrichtlinie sich sehr von den entsprechenden (nord-)amerikanischen Richtlinien unterscheidet. Die letztgenannten Richtlinien enthalten mehr Detailregelungen und haben damit teilweise schon den Charakter einer UVV. Weiterhin bleibt festzuhalten, dass in keinem der untersuchten Länder Unfallverhütungsvorschriften existieren, die mit denen aus Deutschland bzw. Luxemburg vergleichbar wären. Die Analyse der untersuchten Normen im Hinblick auf die sichere Gestaltung von Erdbaumaschinen ergab, dass technische Anforderungen teilweise veraltet sind (z.B. Beleuchtung) bzw. nicht mehr den heutigen Erfordernissen für eine sichere und ergonomisch günstige Gestaltung der Geräte entsprechen. Nachfolgend wurden Unfalldaten der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft ausgewertet und anschließend zwei verschiedene Fragebögen zur Verifizierung der Ergebnisse erstellt und an die Betriebe der Steine- und Erdenindustrie in Deutschland verschickt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Ergebnisse aus der Auswertung und Analyse der Unfälle und die Ergebnisse aus den Befragungen der Unternehmen die gleiche Grundtendenz aufweisen.

Die konstruktionsbedingten Unfälle treten in beiden Auswertungen häufiger auf als die betriebsbedingten Unfälle, in der ersten Analyse ca. 70 % häufiger, in der Umfrage fast dreimal so häufig. Insgesamt stehen etwa 80 Prozent aller Unfälle in Zusammenhang mit einem Ladegerät. Auch die schweren Unfälle ereigneten sich überwiegend mit diesen Geräten. Über die Hälfte aller Unfälle sind auf den Einsatz von Radladern zurückzuführen. Die Analyse der konstruktionsbedingten Unfälle ergab, dass die meisten Unfälle in Verbindung mit dem Auf- oder Abstieg stehen. Bei den betriebsbedingten Unfällen ist festzuhalten, dass sich die meisten Unfälle bei Instandhaltungsmaßnahmen ereigneten. Die Unfallanteile für „Fahren ohne ausreichende Sicht“ und „Laden“ sind insbesondere in der Betriebsumfrage mit je mehr als einem Viertel der betriebsbedingten Unfälle zu nennen.

Die Analyse der Verbesserungsvorschläge ergibt, dass die meisten Vorschläge für Ladegeräte gemacht werden. Der Radlader hat dabei einen Geräteanteil von 64 %.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Konstruktion der Ladegeräte vor allem für die Bereiche Aufstieg, Sichtverhältnisse und Kabinenabmessung zu optimieren ist.

Die Auswertung zeigt, dass das Einhalten der Normen offenbar nicht ausreicht, um die Geräte für die genannten Bereiche sicher genug zu gestalten. Die Hersteller sind hier gefordert, die Grenzwerte (z. B. maximal zulässige Aufstiegshöhen) in den Normen zu unterschreiten, wenn dadurch die Sicherheit der Geräte erhöht werden kann.

Bei der Analyse der Unfalldaten aus den USA ist eine ähnliche Grundtendenz erkennbar. Auch bei dieser Analyse stellt sich der Aufstieg als Unfallschwerpunkt heraus. Insgesamt sind 28 % aller Unfälle beim Umgang mit Erdbaumaschinen auf die Benutzung des Aufstiegs zurückzuführen. In der Gruppe der konstruktiv bedingten Unfälle beträgt der Anteil sogar 64 %. Als weiterer Schwerpunkt stellt sich das Fahren mit SKW und Radladern heraus. Aufgrund der sehr detailliert vorliegenden Daten konnte dabei festgestellt werden, dass die Ursache für die Unfallhäufung beim Fahren auf die unzureichende Einweisung der Fahrer zurückzuführen ist. Die meisten Unfälle beim Fahren ereigneten sich bei der Gruppe der Mitarbeiter mit weniger als einem Jahr Betriebserfahrung. Hier besteht dringender Handlungsbedarf, um die Einweisung der Mitarbeiter auf diese Maschinen zu verbessern.

Parallel zur Analyse des Unfallgeschehens beim Umgang mit Mobilgeräten wurden auch die Unfälle bei der Benutzung von Brechern und Bandanlagen im Bereich des Tagebaus und der Aufbereitung untersucht. Dafür konnte auf Unfalldaten der StBG und der MSHA (USA) zurückgegriffen werden. Die Ergebnisse der Analyse zeigen eine ähnliche Grundtendenz.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass bei den genannten Anlagen sich immer noch viele und zum Teil auch schwere Unfälle ereignen. Dabei ist im Gegensatz zu den Mobilgeräten aber die Konstruktion nicht als primärer Unfallfaktor zu nennen. Auch wenn sich nach wie vor Unfälle bei der Benutzung der Aufstiege und durch Sturz auf oder von den Anlagen ereignen, zeigt sich hingegen oft genug, dass den Mitarbeiter in den Betrieben die Gefahren, die von diesen Maschinen ausgehen können, nicht immer bekannt sind. Daher führen Reinigungsarbeiten am laufenden Band und Verstopferbeseitigung in Brechern immer wieder zu schweren Unfällen. Diese Unfälle lassen sich durch einfache Sicherungsmaßnahmen, wie z.B. sicheres Stillsetzen der Anlage vor Arbeitsbeginn oder aber die Nachrüstung von Hydraulikhämmern an Brechereinläufen, wirksam verhindern.

Wichtig ist daher eine Verlagerung der Akzeptanz und Verantwortung in Richtung der Hersteller und nicht auf die Betriebe, wie es momentan der Fall ist. Es besteht dringender Handlungsbedarf bei der Einbeziehung und Einbindung der Gerätehersteller in den Optimierungsprozess. Dabei sind die gewonnenen Erkenntnisse zu berücksichtigen und in den Handlungsprozess mit der Zielsetzung der gemeinsamen Geräteoptimierung einzubringen.

Erste grundlegende Ansätze der gemeinsamen Geräteverbesserung haben die Verabschiedung des MIRO-Standards für sichere Maschinen im Herbst 2006 und die Ergebnisse dieser Unfallauswertung ergeben. Inzwischen sind von der Firma Caterpillar basierend auf dieser Studie die SKW im Hinblick auf die Sicherheit vollständig überarbeitet worden. Die konstruktiven Gefahrenpunkte an den Maschinen wurden überarbeitet und damit der Sicherheitsstandard erheblich verbessert. So wurden nicht nur die Aufstiege beidseitig als Treppe mit durchgängigem Geländer und Beleuchtung ausgeführt, auch die Sichtverhältnisse wurden erheblich verbessert. Dies konnte durch eine weiter herabreichende Kabinenverglasung, beheizte großflächige Spiegel und eine serienmäßig vorhandene Rückfahrkamera erzielt werden. Darüber hinaus wurde die Ergonomie für den Fahrer verbessert, indem die Position des Fahrersitzes mehr zur Mitte der Maschine verlagert wurde. Dies soll die Vibrationseinwirkung auf den Fahrer verringern. Der Fahrersitz ist nun standardmäßig mit einem Dreipunkt-Rückhaltegurt ausgestattet. Eine weitere Neuerung im Hinblick auf die Sicherheit ist eine automatische Bremskontrolle (Bremsassistent). Dadurch lassen sich einerseits höhere Fahrgeschwindigkeiten erzielen, andererseits wird das Risiko des Kontrollverlustes des Fahrers über die Maschine verringert, da immer die maximale Bremskraft zur Verfügung steht und ein Überhitzen der Bremsen vermieden wird.



Abbildung 9-1: Neuer SKW von Caterpillar mit optimierten Aufstiegen und verbesserter Kabinensicht [4]

Bei den Radladern konnte inzwischen die Sicherheit ebenfalls durch konstruktive Maßnahmen verbessert werden. Sie verfügen nun auch optional über beheizbare Spiegel, eine Rückfahrkamera, ein hydraulisch ausklappbarer Aufstieg und sichere Standflächen und Haltegriffe für die Reinigung der Kabinenverglasung. Neu ist dabei, dass der linke Spiegel einfach nach oben geklappt werden kann, um dem Mitarbeiter den Zugang zu den Plattformen zu erleichtern. Weiterhin konnte erreicht werden, dass die täglichen Wartungsstellen an der Maschine alle vom Boden aus zugänglich sind. Neu ist weiterhin eine Rundumleuchte auf dem Kabinendach, die bei angelegtem Rückhaltegurt aktiviert wird. Die Ergonomie für den Fahrer konnte durch die eingebaute Vibrationskontrolle verbessert werden. Dazu gehören unter anderem eine gummigelagerte Kabine, eine Armlehne, die direkt am Sitz montiert ist, eine integrierte Bremskontrolle mit automatischem Herunterschalten in den nächst kleineren Gang sowie eine programmierbare Schaufelpositionierung mit weichen Stopps. Der Hubzylinder der Schaufel verfügt nun über eine hydraulische Dämpfungskontrolle zur Erschütterungsvermeidung.



Diese konstruktiven Änderungen an den vorgestellten Geräten zeigen, dass ein Umdenkungsprozess bei einzelnen Herstellern begonnen hat, dem andere mit Sicherheit folgen werden.

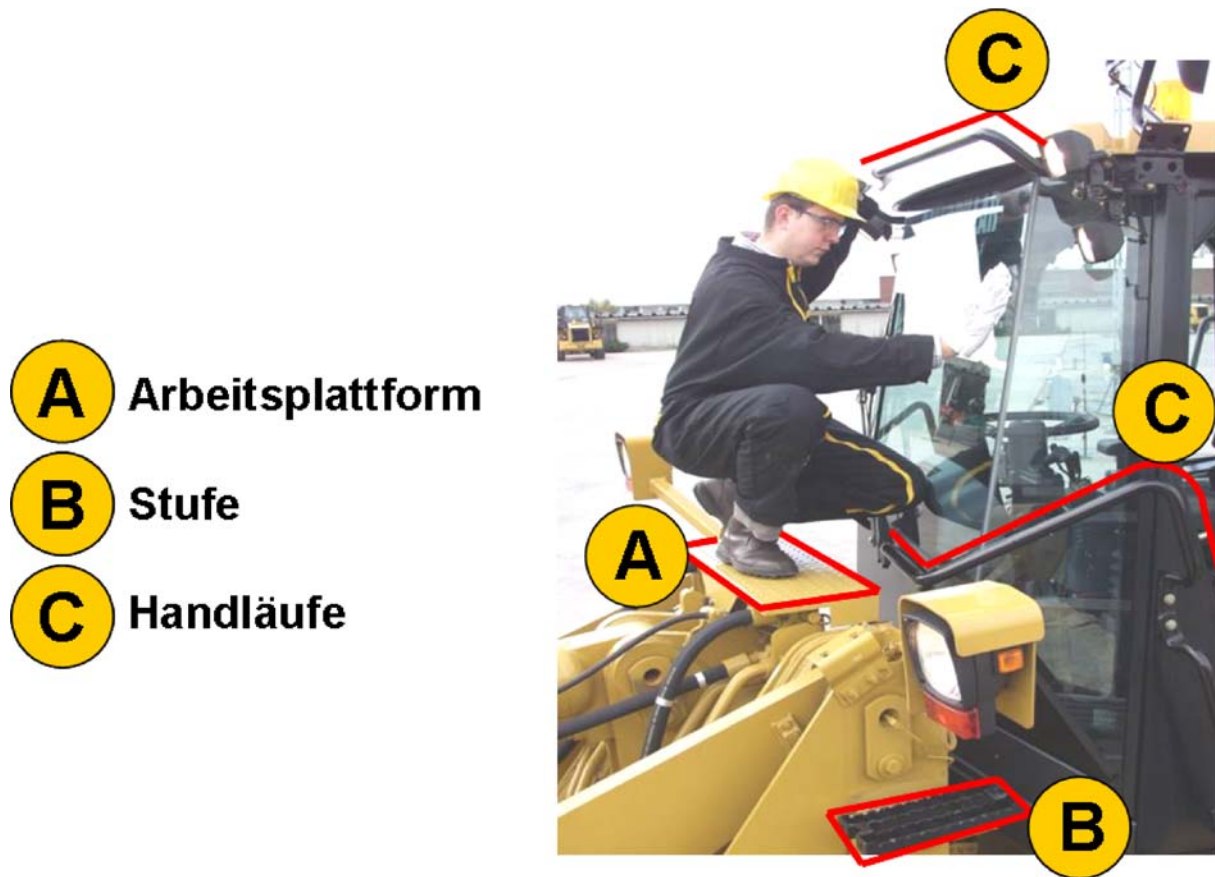


Abbildung 9-2: Absturzsicherungen zur Reinigung der Kabinenverglasung am Radlader [4]





15° Neigung  
für sicheren  
Kabineneinstieg

Abbildung 9-3: Ein hydraulisch ausfahrbarer Aufstieg sorgt für 15° Neigung [4]

Auch bei den Dozern haben inzwischen erfolgreiche Maßnahmen zur Verbesserung des Aufstiegs und der Ergonomie insgesamt stattgefunden. So können inzwischen bei Komatsu Dozer mit einem hydraulisch ausklappbaren Aufstieg erworben werden. Diese Geräte verfügen außerdem über eine sichere Plattform als Zugang zur Kabine. Die Ergonomie für den Fahrer wurde unter anderem in den Bereichen Sicht und Klimatisierung optimiert. Weiterhin konnte der Kabinenschallpegel auf 71 dBA gesenkt werden.



Abbildung 9-4: Optimierter Aufstieg für Kettendozer [3]

## Quellenverzeichnis

[1] Steinbruchs-Berufsgenossenschaft	Statistiken der StBG
[2] NIOSH	The National Institute for Occupational Safety and Health  Unfallstatistiken USA  <a href="http://www.cdc.gov/niosh">www.cdc.gov/niosh</a>
[3] Mining Magazine	January 2007, Volume 196, Nr. 1
[4] Cat-Zeppelin	Sicherheit und Fahrerergonomie im Mittelpunkt, A. Dörrié/ A. Bock, Zeppelin GmbH 10/2006
[5] Cat-Zeppelin	Sichere Maschinen, Präsentation von Michael Holzhey im Rahmen der Atlantic Alliance Conference 2007
[6] A. Henter	Tödliche Arbeitsunfälle mit Erdbaumaschinen häufig bei der Rückwärtsfahrt
[7] J. Speck	Erdbaumaschinen - Analyse der Gefährdungen, Perspektiven für die sicherheitstechnische Gestaltung, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Berlin 1997
[8] Steinbruchs-Berufsgenossenschaft	Die häufigsten Gefahren an Bandanlagen, Webseite der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft,  <a href="http://www.stbg.de/sich_ges/stetfoer/stfo7.htm">http://www.stbg.de/sich_ges/stetfoer/stfo7.htm</a>
[9] Metsominerals	Prinzipskizze Backenbrecher, Pressematerial Metsominerals
[10] Hedweld Engineering Pty. Ltd.	Hedweld Safe-Away Aufstiegssysteme
[11] Kretschmer, U.	Unfallschwerpunkt Brecher - Nicht auf Biegen und Brechen! Die Naturstein-Industrie 08/2004
[12] Brigade GmbH	Informationen für die Fachpresse, 01/2007
[13] Mining Magazine	Safe and sound? July 2006, Volume 195, Nr. 1, S. 25 ff
[14] Lehrstuhl und Institut für	Studienunterlagen zur Lehrinheit Arbeitsschutz- und

Arbeitswissenschaft der RWTH Aachen	Gesundheitsschutz (ASGS) Management, Aachen, 2003
[15] Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG)	Unfallverhütungsvorschrift BGV A1 - Grundsätze der Prävention. 2004  <a href="http://www.hvbg.de">www.hvbg.de</a>
[16] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin	Gesundheitsschutz in Zahlen 2001. Sonderausgabe amtliche Mitteilungen, 2003  <a href="http://www.baua.de">www.baua.de</a>
[17] Arbeitsschutzzentrum	<a href="http://www.arbeitsschutzzentrum.de">www.arbeitsschutzzentrum.de</a>
[18] Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit	Der Bergbau in der Bundesrepublik Deutschland 2002 - Bergwirtschaft und Statistik. 54. Jahrgang 2003. „Blaues Buch“
[19] Schüler, T.:	Ermittlung von Ursachenfaktoren für Arbeitsunfälle innerhalb bautechnologischer Linien sowie auf Gebieten mit Querschnittscharakter und Ableitung von Präventionsmaßnahmen. Dissertationsschrift, Universität Weimar, 2001
[20] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin	Tödliche Arbeitsunfälle 1998 - 2000. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund, 2001  <a href="http://www.baua.de">www.baua.de</a>

## **10 Anhang**

Anhang 1: Mitarbeiter-Fragebogen der Betriebsbefragung

Anhang 2: Fragebogen für die Geschäftsleitung / den Unternehmer

## Mitarbeiter-Fragebogen (Anhang 1) zur Sicherheit beim Umgang mit Erdbaumaschinen

Im Rahmen eines gemeinsamen Forschungsprojektes des Institutes für Bergbau der TU-Clausthal und der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft möchten wir vor allem auch auf Ihre Betriebserfahrungen zurückgreifen. Ziel des Forschungsprojektes ist es, die Hersteller von Erdbaumaschinen für die Bau- und Rohstoffindustrie dafür zu gewinnen, ihre Geräte sicherer zu gestalten, um Unfälle zu vermeiden. Die Untersuchungen sollen auf breiter Basis angelegt werden, um den Herstellern von Erdbaumaschinen die Notwendigkeit sicherheitstechnischer und ergonomischer Aspekte bei der Gestaltung und Konstruktion der Mobilgeräte deutlich zu machen. Aus diesem Grund sind wir auf Ihre Mithilfe und Unterstützung angewiesen und bitten Sie, die nachstehenden Fragen bzgl. der Arbeitssicherheit und der Vorschläge zur sicheren Gestaltung in Ihrem Betrieb zu beantworten. Die Angaben werden anonym und vertraulich behandelt, so dass eine betriebliche Zuordnung nachträglich nicht möglich ist.

Bitte geben Sie den ausgefüllten Bogen bis zum **10.01.2005** an die Geschäftsleitung zurück.

*Bitte füllen Sie den Fragebogen nur für ein Gerät aus*

1. Welche Funktion haben Sie in Ihrem Betrieb? ☐ Geräteführer ☐ Mitarbeiter Werkstatt

2. Haben Sie eigene Erfahrungen im Umgang mit Erdbaumaschinen? ☐ ja ☐ nein

3. Für welches Gerät füllen Sie diesen Bogen aus?

☐ Bagger ☐ Lader ☐ Raupe ☐ SKW ☐ Dumper

Hersteller:.....Gerätetyp:.....Baujahr: .....

4. Hatten Sie innerhalb der letzten 5 Jahre einen **Beinaheunfall** mit dem von Ihnen oben genannten Gerät? ☐ ja ☐ nein **(Wenn Sie keinen Unfall hatten, weiter mit Frage 9)**

5. Haben Sie sich an dem von Ihnen oben genannten Gerät innerhalb der letzten 5 Jahre verletzt? ☐ ja ☐ nein

6. War dies ein **Unfall ohne Ausfalltag** (z.B. gestoßen, geklemmt, abgerutscht, umgeknickt, ...)? ☐ ja ☐ nein

7. War dies ein **Unfall mit mindestens einem Ausfalltag**? ☐ ja ☐ nein

Wie viele Ausfalltage hatten Sie bei diesem Unfall? ..... Tage

8. An welchem Teil des Gerätes bzw. bei welcher Tätigkeit ereignete sich der Unfall / Beinaheunfall?  
(bitte kreuzen Sie alles an was für Ihren Unfall / Beinaheunfall zutrifft)

**Aufstieg** ☐ von der Aufstiegsleiter abgerutscht  
☐ beim Absteigen auf dem Boden umgeknickt  
☐ vom Haltegriff abgerutscht  
☐ auf Laufstegen oder Standflächen ausgerutscht, abgerutscht

### Wartung, Reparatur

☐ bei der Wartung oder Reparatur des Gerätes mit Werkzeug verletzt  
☐ Beim Wechsel eines Hydraulikschlauches durch austretendes Öl verletzt

### Kabine

- ☐ beim Ein- oder Aussteigen gegen Teile der Kabine gestoßen
- ☐ während der Fahrt durch abruptes Abbremsen gegen Teile der Kabine geprallt
- ☐ durch starke Erschütterungen der Maschine verletzt
- ☐ an der Kabinentür Finger oder Hand geklemmt

### Stellteile

- ☐ während der Fahrt an Stellteilen verletzt
- ☐ beim Ein- / Aussteigen hängen geblieben

### Arbeitseinrichtung

- ☐ von der Arbeitseinrichtung verletzt
- ☐ beim Zahnwechsel verletzt (Absplittern von Metall)

### Reifen

- ☐ bei der Montage/Demontage von SKW-/Laderreifen verletzt

### Sicht

- ☐ nicht ausreichende Sicht führte zum Zusammenstoß mit Gegenständen
- ☐ nicht ausreichende Sicht führte zum Zusammenstoß mit Personen
- ☐ Beinahezusammenstoß mit Personen oder Gegenständen
  - ☐ dabei vorwärts gefahren, ☐ rückwärts gefahren, ☐ Kurvenfahrt

### Fahren

- ☐ Fahrbahnrand, Böschungs- /Kippenkante überfahren und mit Gerät umgekippt
- ☐ Fahrbahnrand, Böschungs- /Kippenkante überfahren und mit Gerät abgestürzt
- ☐ Zusammenstoß mit Gegenständen, Fahrzeugen, Geräten
- ☐ Zusammenstoß mit Personen
  - ☐ dabei vorwärts gefahren, ☐ rückwärts gefahren, ☐ Kurvenfahrt

### Laden

- ☐ Steinflug (beim Knäppern, Benutzen des Hydraulikhammers)
- ☐ nachfallendes Material aus der Böschung
- ☐ nachfallendes Material aus der Ladeeinrichtung
- ☐ Anprall mit der Ladeeinrichtung an Hindernisse im Haufwerk

### Schwenken / Heben und Senken der Arbeitseinrichtung

- ☐ Zusammenstoß mit Gegenständen
- ☐ Zusammenstoß, Berühren, Verletzen von / mit Personen

### Reinigung

- ☐ beim Reinigen des Gerätes vom Gerät abgerutscht
- ☐ auf Gerät ausgerutscht

**Andere Unfallursache:** .....

.....

**9. Womit sind Sie bei dem von Ihnen angegebenen Gerät besonders unzufrieden? ...**

.....

.....

**10. Haben Sie zu den vorangestellten Möglichkeiten Verbesserungsvorschläge?**

(evtl. zusätzliches Blatt benutzen) .....

.....

.....

## Fragebogen Unternehmer / Geschäftsleitung (Anhang 2)

Im Rahmen eines Forschungsprojektes am Institut für Bergbau der TU-Clausthal in Zusammenarbeit mit der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft (StBG) mit dem Thema „Analyse und Bewertung von Erdbaumaschinen unter Berücksichtigung des Arbeitsschutzes“ möchten wir gerne auch auf Ihre Betriebserfahrungen zurückgreifen.

Ziel der Untersuchung ist es, die Hersteller von Erdbaumaschinen für die Bau- und Rohstoffindustrie dafür zu gewinnen, ihre Geräte sicherer zu gestalten, um Unfälle zu vermeiden und dadurch Kosten für Sie und die Steinbruchs-Berufsgenossenschaft zu minimieren.

Die Untersuchungen sollen auf breiter Basis angelegt werden, um den Herstellern von Erdbaumaschinen die Notwendigkeit sicherheitstechnischer Aspekte bei der Gestaltung und Konstruktion der Mobilgeräte deutlich zu machen. Aus diesem Grund sind wir auf Ihre Mithilfe und Unterstützung angewiesen und möchten Sie bitten, die nachstehenden Fragen bzgl. der Arbeitssicherheit und der Vorschläge zur sicheren Gestaltung in Ihrem Betrieb zu beantworten. Die Angaben werden anonym und vertraulich behandelt, so dass eine betriebliche Zuordnung nachträglich nicht möglich ist.

Bitte senden Sie die ausgefüllten Bögen (zusammen mit den Mitarbeiter-Fragebögen) bis **Ende Januar 2005** mit dem beigefügten Rückumschlag an uns zurück.

1. Geben Sie bitte die Maschine, den Typ und das Baujahr an, für die Sie

Verbesserungsvorschläge machen:

☐ Bagger    ☐ Lader    ☐ Raupe    ☐ SKW    ☐ Dumper

Hersteller:.....Gerätetyp:.....Baujahr: .....

2. Welche Verbesserungsmaßnahmen sind Ihrer Erfahrung nach bei der ausgewählten Maschine erforderlich? .....

.....  
.....  
.....

3. Haben Sie schon einmal Verbesserungsvorschläge an den Hersteller gemacht?

☐ nein    ☐ ja, wenn ja, welche:.....

.....  
.....

Wie hat der Hersteller darauf reagiert? .....

.....  
.....  
.....

**4.** Gab es Ausfalltage bei Mitarbeitern durch Unfälle mit Erdbaumaschinen in den letzten 5 Jahren?

☐ ja    ☐ nein    wenn ja, wie viele Ausfalltage? .....

**5.** Haben Sie Empfehlungen zur Optimierung der Arbeitssicherheit beim Umgang mit Erdbaumaschinen:

a) konstruktive Veränderungen: .....

.....

.....

.....

b) Verhaltensmaßnahmen, Schulung der Mitarbeiter: .....

.....

.....

.....

## **6. StBG-Förderpreise**

Sind Ihnen die Förderpreise der StBG für den Bereich der Erdbaumaschinen bekannt?

**bekannt    umgesetzt**

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> flexibler Anfahrschutz für Kippstellen       |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> sicherer Aufstieg zu Radladerkabinen         |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> Radwechseleinrichtung für Baumaschinen       |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> „Gurtzwang“ für Radladerfahrer / SKW-Fahrer) |